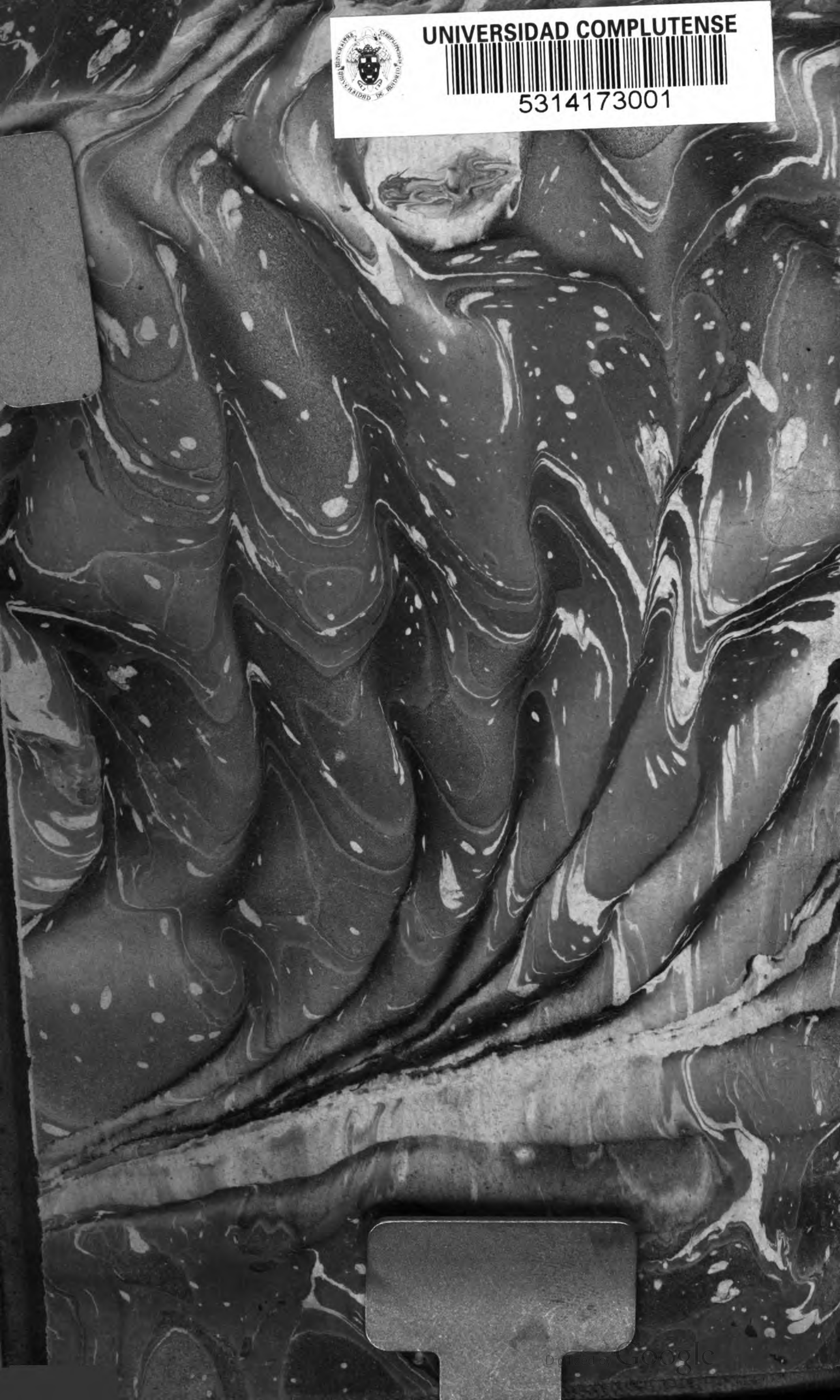



UNIVERSIDAD COMPLUTENSE
5314173001



PRINCIPES DE LA CHIMIE.

Ouvrages publiés chez le même libraire.

ÉLÉMENS DE CHIMIE

APPLIQUÉE A L'AGRICULTURE,

Suivis du Traité sur la chimie des terres,

Par Sir Humphry Davy;

Traduits de l'anglais et augmentés d'Observations pratiques,

PAR MARCHAIS DE MIGNEAUX.

1 fort vol. in-12, br. avec 6 planches. Prix : 7 fr.

MANUEL D'ANALYSE CHIMIQUE

DES EAUX MINÉRALES, MÉDICINALES, ET DESTINÉES A L'ÉCONOMIE DOMESTIQUE,

PAR MM. HENRY,

Chef de la pharmacie centrale des hôpitaux civils de Paris, Membre titulaire de l'Académie royale de médecine, etc., etc.;

ET HENRY FILS,

Aide à la pharmacie centrale, et Membre adjoint à l'Académie royale de médecine.

Un volume in-8° (1825), br. Prix : 3 fr. 50 c.

TABLE SYNOPTIQUE

DES POISONS ET DES ASPHIXIES,

Dressée d'après les travaux les plus récens d'histoire naturelle, de thérapeutique et de médecine légale, et dans laquelle sont réunis, sous un même coup d'œil, le nom de toutes les substances vénéneuses des trois règnes de la nature, les accidens qu'elles déterminent, les remèdes qu'on leur doit opposer, et les réactifs qui les font reconnaître.

Par Eusèbe de Salle, docteur en médecine.

Deuxième édition, revue et augmentée.

2 feuilles, colombier in-plano. Prix : 2 fr. 50 c.

Imprimerie de Lebel, Imprimeur du Roi, rue d'Erfurth, n° 1.

PRINCIPES
DE LA CHIMIE,

ÉTABLIS

PAR LES EXPÉRIENCES;

OU

ESSAI SUR LES PROPORTIONS DÉFINIES DANS LA COMPOSITION DES CORPS.

PAR TH. THOMSON,

Professeur de chimie à l'Université royale de Glasgow; membre de la Société royale de Londres et d'Édimbourg; de la Société Linnéenne, de la Société géologique; de celle de Cambrai pour les progrès de la géologie, de la minéralogie et de l'histoire naturelle; des Sociétés impériales médico-chirurgicales et pharmaceutiques de Saint-Pétersbourg; de l'Académie royale des sciences de Naples; etc., etc.

Traduction de l'Anglais,

PUBLIÉE AVEC L'ASSENTIMENT DE L'AUTEUR.

TOME PREMIER.



Paris,

CREVOT, LIBRAIRE-ÉDITEUR,

RUE DE L'ÉCOLE DE MÉDECINE, N° 3,

PRÈS CELLE DE LA HARPE.

1825.

PRÉFACE.

Le sujet dont nous allons nous occuper dans cet ouvrage est d'une plus grande importance qu'aucun de ceux qui pourraient dans ce moment fixer l'attention des chimistes. Il ne s'agit de rien moins, en effet, que d'essayer d'établir, sur une base solide et inébranlable, les principes fondamentaux de la science; et c'est sur de semblables principes que reposent les travaux analytiques du minéralogiste et du chimiste, travaux qui ne peuvent être exacts qu'autant que la vérité en aura été bien constatée; toutes les opérations du chimiste manufacturier en dépendent également, et l'on ne peut s'y livrer avec une entière certitude de succès, qu'après les avoir étudiés. Déjà plusieurs de nos fabricans de produits chimiques ont tiré partie de la théorie atomistique pour rectifier leurs procédés : ils en ont porté l'emploi si loin, qu'à moins de suivre leur exemple, ceux qui se livrent aux mêmes spéculations ne sauraient soutenir avec eux la concurrence; le but principal de cet ouvrage est donc de ramener la théorie atomistique à un degré de simplicité et de précision tel, que tous les chefs de manufactures puissent en profiter, pour don-

ner aux procédés de l'art dont ils s'occupent, toute la précision qu'il est susceptible d'acquérir.

La théorie des atomes ne sera pas moins importante pour les pharmaciens et les droguistes : elle leur indiquera les proportions exactes de chaque substance qu'ils doivent faire entrer dans leurs opérations, leur facilitera les moyens d'atteindre, de la manière la plus simple et la plus directe, le but qu'ils se proposent, et ils n'auront plus à craindre les dépenses inutiles auxquelles ils s'exposent en n'employant pas dans des proportions convenables les matériaux sur lesquels ils opèrent. Cette vérité leur est non-seulement applicable, mais encore elle concerne les médecins praticiens et les étudians en médecine; aussi espérons-nous que ces derniers regarderont comme d'une grande utilité l'ouvrage que nous leur offrons aujourd'hui. Les tableaux que nous avons eu soin d'y introduire trouveront utilement leur place dans les laboratoires et dans les officines de tous les pharmaciens, afin qu'ils puissent y avoir recours pour régulariser leurs procédés.

Cet ouvrage contient les résultats fournis par plusieurs milliers d'expériences, qui ont été faites avec tout le soin, toute la précision dont j'ai été susceptible. Pendant les cinq années qui viennent de s'écouler, j'y ai consacré tout le temps dont les devoirs de ma place m'ont permis de disposer. Les

expériences qui m'ont paru fondamentales ont été répétées si souvent et variées de tant de manières, que j'ai la plus grande confiance en leur exactitude. Je crois donc pouvoir inviter les lecteurs à ne point se laisser prévenir contre leur manque de précision, dans le cas où ces opérations ne leur paraîtraient pas d'accord avec les résultats obtenus par les autres chimistes. Les procédés de la chimie ont été tellement perfectionnés dans ces derniers temps, et l'on apporte aujourd'hui tant de soins lorsque l'on fait des expériences, que (pourvu que les données soient exactes) les erreurs dans les résultats ne sauraient s'élever au-delà d'un centième. Je pense même que, dans plusieurs des analyses de Berzélius, l'erreur ne va pas au-delà d'une millième partie. Il est néanmoins beaucoup plus difficile qu'on ne le pense, d'obtenir les métaux à l'état de pureté parfaite; et c'est en cherchant à rendre le plus pur possible les différens sels, que j'ai employé la majeure partie de mon temps. Toutes les fois que cela a été à ma disposition, j'ai déduit le poids de l'atome, des corps de l'analyse rigoureuse des sels neutres dans lesquels ils entrent; parce que ces sels s'obtiennent plus aisément purs qu'aucun des métaux qui en sont les bases; il y a en effet un assez grand nombre de métaux qu'il a été impossible jusqu'à présent d'obtenir dans un état de pureté absolue. En général, Berzélius a déduit le poids atomistique de ces substances, des expériences qu'il a faites directement sur elles; et

c'est probablement la raison pour laquelle ses poids atomistiques diffèrent si fréquemment de ceux que j'ai obtenus. Il donne, par exemple, pour poids de l'atome de zinc 4,03225; tandis qu'en faisant l'analyse du sulfate que l'on peut obtenir de ce métal, j'ai trouvé 4,25 : différence qui provient, je crois, de ce que le sel que j'ai employé était un sel très-pur; car le zinc à l'état métallique contient presque toujours du fer ou quelques autres impuretés, qui tendent à diminuer le poids apparent de l'atome.

Comme l'analyse du sulfate de zinc sert en quelque sorte de base à l'édifice que j'ai essayé d'élever, j'ai mis, dans cette opération, tout le soin imaginable. La première analyse que j'en ai faite fut insérée dans les *Annales de philosophie* (seconde série, tom. Ier, pag. 247); mais, par inadvertance, on a évalué à 6 atomes la quantité d'eau, au lieu de 7, qui est la véritable proportion. Je ne puis me rendre compte de cette erreur; car, en consultant de nouveau les tables que j'ai conservées, je m'aperçois que 17 parties de sulfate de zinc ont été exactement décomposées par 13,25 de chlorure de barium: mais il n'y est point question de l'état du sel, ce qui nous aurait aidé à expliquer pourquoi il y a un atome d'eau de moins. Plusieurs fois, depuis la publication du mémoire dont nous parlons, j'ai répété l'analyse du sulfate de zinc : je l'ai également fait répéter

par plusieurs de mes élèves; et constamment le résultat a été 7 atomes d'eau, et non pas 6, comme le mémoire l'indique. Si on mêle les solutions de 17 parties de sulfate de zinc, et 13,25 de chlorure de barium, on trouve que le liquide surnageant, après que le sulfate de baryte s'est déposé, devient laiteux quand on y mêle du sulfate de soude : preuve qu'il retient encore de la baryte, et par conséquent que 17 parties de sulfate de zinc ne contiennent pas tout-à-fait 5 parties d'acide sulfurique.

Du moment où les poids des atomes indiqués dans cet ouvrage furent fixés, je me suis déterminé à substituer aux données que les autres chimistes employaient pour calculer leurs expériences, les résultats plus exacts que je possédais; et fréquemment j'ai trouvé qu'en procédant ainsi, j'approchais plus près de la vérité que ne l'avaient fait les auteurs mêmes des expériences : cette observation s'applique particulièrement à celles de M. Faraday sur l'analyse des chlorures de carbone, dont nous devons la connaissance à ce chimiste exact et ingénieux. Les données imparfaites dont il s'est servi, ont fait paraître ses expériences plus fautives qu'elles ne l'étaient réellement; car, en substituant les pesanteurs spécifiques et le poids des atomes que l'on trouvera indiqués dans cet ouvrage, à ceux dont M. Faraday a fait usage, on verra que ses expériences coïncident, à peu de

chose près, avec les quantités auxquelles on est conduit par théorie.

Les poids atomistiques que je donne aujourd'hui ont été généralement adoptés en Angleterre, dès l'instant où ils furent connus; mais, sur le continent, les tables de Berzélius sont d'un usage habituel : les nombres qu'elles contiennent approchent en général beaucoup de la vérité, bien que je sois persuadé que ce chimiste ne l'ait réellement atteinte que dans un très-petit nombre de cas. On peut donc se servir de ses tables sans courir le risque de se tromper beaucoup, excepté pour ce qui a rapport aux arséniates et aux phosphates. Ici l'erreur est considérable. Les nombres qui forment ces tables sont beaucoup plus complexes que ceux que j'ai employés : on y découvre difficilement le poids des atomes, à raison de l'habitude où Berzélius est de donner les parties constituantes de 100 parties du corps composé; aussi, sous le rapport de la simplicité et par conséquent de l'usage, je crois mes nombres préférables. La théorie de Berzélius est en effet si compliquée et si embrouillée, qu'il serait étonnant qu'elle fût une image exacte de ce qui se passe dans la nature.

Le poids atomistique de quelques-uns des corps que j'avais expérimentés, fut publié pendant les années 1820 et 1821 (*Annals of philosophy*); mais ayant reconnu qu'il m'était parfois échappé

quelques erreurs en donnant des résultats particuliers, avant d'avoir considéré le sujet sous tous ses points de vue, j'ai pensé qu'il était plus convenable de suspendre ces publications, jusqu'à ce que j'aie terminé mes recherches, afin de pouvoir les offrir collectivement au public. Telles furent les raisons qui me déterminèrent à discontinuer de publier périodiquement les différens résultats que j'obtenais dans mes opérations.

PRINCIPES
DE LA CHIMIE,

ÉTABLIS

PAR LES EXPÉRIENCES;

OU

ESSAI SUR LES PROPORTIONS DÉFINIES

DANS LA COMPOSITION DES CORPS.

CHAPITRE PREMIER.

INTRODUCTION HISTORIQUE.

Les chimistes paraissent avoir admis, de tout temps, que les parties constituantes des corps composés sont constantes, soit sous le rapport des élémens, soit sous celui de leurs proportions; mais ce n'est qu'après que la chimie eut fait de grands progrès, que l'on a pu tenter l'analyse des sels. Homberg fut le premier, je crois, qui eut l'idée de déterminer la composition de ces corps. Ce chimiste imagina

un hydromètre qui indiquait la pesanteur spécifique des acides, et à l'aide de cet instrument qui ressemblait à l'aréomètre à boule que l'on emploie encore à présent au même usage, il put juger, d'après la pesanteur spécifique, de combien un acide était plus fort qu'un autre. Mais pour évaluer la quantité d'acide réel, contenu dans chacun de ces liquides, il fallut recourir à un autre procédé. Voici celui que suivit Homberg. Il prit une once de sel de tartre (carbonate de potasse du commerce), qu'il satura avec chacun de ces acides, en ayant soin de déterminer quel poids de chacun d'eux il fallait pour produire l'effet désiré. Le liquide fut ensuite évaporé jusqu'à siccité, et le sel restant fut pesé. L'augmentation de poids qu'avait acquise l'once de sel de tartre, indiquait, à ce qu'il croyait, le poids de l'acide qui s'était combiné. Par exemple, une once de sel de tartre saturé d'acide nitrique devient 1,45 once, d'où il crut devoir conclure que le salpêtre était composé de

Potasse . .	100 (1)
Acide nitrique	45
	145

Ce chimiste évalua de la même manière la composition du muriate de potasse, du sulfate de potasse, et de l'acétate de potasse. Nous croyons inutile ici de faire connaître les résultats qu'il a obtenus, parce que, ne soupçonnant pas que le sel de tartre

(1) Mém. de l'Acad. des sc., 1669, pag. 48.

contenait de l'acide carbonique, il augmenta la quantité de potasse et diminua celle de l'acide nitrique, de toute la quantité d'acide carbonique combiné primitivement avec la potasse. De semblables résultats ne donnent donc aucune idée de la véritable composition des sels qu'il a tenté d'analyser. Nous pourrions cependant, en soustrayant l'acide carbonique de la potasse et en l'ajoutant à l'acide employé pour saturer, déduire la composition de ces sels : ainsi, toutes ces déductions faites, on trouvera que le salpêtre, suivant les expériences de Homberg, est composé de

Potasse . .	6
Acide nitrique	6,68
	12,68

nombres qui, tout inexacts qu'ils sont, approchent plus de la vérité que l'analyse de Kirwan, ou même que les analyses plus soignées de Bérard ou de Wenzel.

Les expériences de Plummer ont été faites de la même manière, et elles sont sujettes aux mêmes erreurs.

Dans son excellent Essai sur *la magnésie et la chaux*, le Dr Black indiqua le premier la méprise de Homberg, et de quelques-unes de ses expériences, l'on pourrait déduire les principes constituans de plusieurs sels de magnésie; mais comme ce ne sont pas des analyses proprement dites, elles n'ont pas attiré l'attention des chimistes qui vinrent après lui.

Au commencement de la deuxième moitié du XVIIIe siècle, différens chimistes essayèrent d'analyser diverses substances : Bergman s'occupa particulièrement de ce genre de recherches, et il acquit une si grande réputation, que ses opinions faisaient autorité, et que ses analyses furent pendant quelque temps considérées comme des modèles d'exactitude (prérogative qu'elles ne méritent en aucune manière).

I. C'est à Wenzel, chimiste allemand, que nous devons la première série d'expériences exactes sur la composition des sels. Il publia à cet effet, en 1777, un petit ouvrage intitulé : *Lehre von der Verwandschaft der kœrper*, ou *Théorie des affinités des corps*. Wenzel avait été frappé d'un phénomène qui avait déjà attiré l'attention de quelques chimistes ; savoir, que deux sels neutres conservent leur neutralité après s'être mutuellement décomposés. Il prouva, par une longue suite d'analyses très-exactes, que tous les alcalis et toutes les terres étaient dans le même rapport avec tous les acides. Si, par exemple, une quantité donnée d'acide sulfurique est saturée par

9,75 de baryte,
6,5 de strontiane,
6 de potasse.
4 de soude,
3,5 de chaux,
2,5 de magnésie,

les quantités respectives de ces terres et de ces alcalis, nécessaires pour saturer une quantité donnée de chacun des autres acides, seront entre elles comme

les nombres 9,75. 6,5. 6. 4. 3,5 et 2,5. Quand le nitrate de chaux et le sulfate de potasse se décomposent l'un l'autre, le nitrate de potasse et le sulfate de chaux formés, sont neutres, parce que les quantités relatives de potasse et de chaux qui saturent un poids donné d'acide nitrique ou sulfurique, sont les mêmes. Si nous représentons l'acide nitrique par 6,75, alors 6 de potasse ou 3,5 de chaux satureront cette quantité d'acide; et 6 de potasse ou 3,5 de chaux satureront également 5 d'acide sulfurique. Le nitrate de chaux (abstraction faite de l'eau) est composé de

Acide nitrique	6,75
Chaux . .	3,5
	10,25

et le sulfate de potasse de

Acide sulfurique	5
Potasse . .	6
	11

Lorsqu'on mêle 10,25 de nitrate de chaux et 11 de sulfate de potasse, une double décomposition a lieu. On trouve

Nitrate de potasse	Acide nitrique	6,75
	Potasse . .	6
		12,75
Sulfate de chaux	Acide sulfurique	5
	Chaux . .	3,5
		8,5

et ces nouveaux sels sont neutres, parce que 6,75 acide nitrique sont neutralisés également par 6 de potasse et par 3,5 de chaux (1).

Si nous ne savions pas combien les savans eux-mêmes cèdent facilement à l'empire de la mode et à l'influence de l'autorité, il nous paraîtrait fort extraordinaire que l'explication satisfaisante donnée par Wenzel n'ait été mentionnée par aucun des chimistes contemporains, qui semblent même n'y avoir fait aucune attention. Cependant son opinion et le principe qui lui sert de base étaient conformes aux expériences du temps et à celles qui ont été faites plus tard : expériences qui, en raison de leur exactitude, pourraient soutenir la comparaison avec celles de Berzélius, lesquelles démontrent la vérité des principes dont Wenzel eut la première idée. Bergman était à cette époque au plus haut point de sa réputation; il publia des analyses de plusieurs sels; mais ces analyses, quant à leur précision, sont fort inférieures à celles de Wenzel; par conséquent il n'a donc pas aperçu le principe que celui-ci avait recherché.

Les analyses de Bergman et celles de quelques autres chimistes, quoique moins exactes et moins d'accord avec les résultats qui avaient mis Wenzel sur la voie de sa découverte, furent néanmoins adoptées par le plus grand nombre des chimistes, et l'attention fut ainsi détournée d'une des plus impor-

(1) A l'appui des opinions de Wenzel, je n'ai point donné les nombres indiqués par ce chimiste ; mais je me suis servi de quantités plus exactes, déterminées dans la suite de cet ouvrage.

tantes découvertes que la science ait jamais faites; aussi les progrès marqués qui auraient dû en être la conséquence, furent-ils retardés pendant plus de trente ans.

II. En 1792, Richter, qui dans les dernières années de sa vie eut la surintendance de la manufacture de porcelaine à Berlin, publia un ouvrage sous ce titre : *Anfangsgründe der Stachyometrie, oder Messkunst Chymischer Elemente* (*Élémens de stachyométrie, ou Mathématiques des élémens chimiques*). Cet ouvrage, qui forme quatre petits volumes, fut imprimé à Breslaw en 1792, 1793 et 1794; il fut suivi d'un écrit périodique intitulé : *Ueber die Neuern Gegenstande der Chymie* (*Sur les nouveaux objets de la chimie*), dont la publication commença en 1792 (1) et fut continuée en douze numéros ou volumes jusqu'à l'année 1807 (2), époque de la mort de Richter, qui eut lieu le 4 mai de cette même année. Ce savant s'efforça de donner à la chimie une forme mathématique. Il examina le fait observé par Wenzel, et l'expliqua de la même manière. Il essaya de déterminer les capacités relatives de saturation des acides et des bases, et désigna, par un nombre propre à chacun d'eux, leur capacité respective. Ces nombres se trouvent indiqués dans la table suivante :

Alumine . .	525	Acide fluorique .	427
Magnésie . .	615	— carbonique .	577

(1) La date porte 1799 dans mon exemplaire, mais c'est une 2e édition. La seconde partie fut imprimée à Breslaw en 1793, d'où je conclus que la première partie parut en 1792.

(2) Gehblen. Journal, etc. (2e série), no IV, pag. 127.

Ammoniaque.	672	Acide	sébacique .	706
Chaux . .	793	—	muriatique .	712
Soude . .	859	—	oxalique . .	755
Strontiane .	1329	—	phosphorique.	979
Potasse .	1605	—	formique . .	988
Baryte .	2222	—	sulfurique .	1000
		—	succinique .	1209
		—	nitrique . .	1405
		—	acétique . .	1480
		—	citrique . .	1683
		—	tartarique .	1694

Les travaux de Richter, sur une matière aussi importante, ne furent pas plus remarqués que ceux de Wenzel; indifférence que Berzélius attribue à deux causes, savoir : 1° à la grande inexactitude des expériences de Richter, qui dans le fait ne peuvent être un seul instant comparées à celles de Wenzel; 2° à la vive discussion qui s'éleva entre les partisans du système antiphlogistique et ceux du système phlogistique; discussion qui avait commencé vers 1787 et qui n'était pas encore terminée à l'époque de la mort de Richter : cette dernière raison eut probablement la plus grande influence.

En Angleterre, où sans doute on n'aurait point tardé à apprécier l'importance des opinions de ce chimiste, un autre obstacle se présenta. La révolution française était parvenue alors à son plus haut période, et toute l'Europe se trouvait en proie aux horreurs de la guerre la plus sanglante et la plus opiniâtre qui ait jamais désolé cette partie du monde. La Grande-Bretagne fut bientôt entraînée dans ce bouleversement politique; peu à peu elle

eut à soutenir tout le fardeau de la guerre; puis, abandonnée de tous ses alliés, elle se trouva seule engagée contre le monde entier. Dès lors les communications entre les savans de l'Angleterre et ceux du continent furent successivement interrompues; et cette cause, jointe au peu d'attention que l'on donnait à la littérature allemande, nous empêcha de soupçonner les travaux stachyométriques de Richter. J'en eus la première connaissance par une note insérée dans la *Statique chimique* de Berthollet, publiée en 1803, et dont il ne me fut possible de me procurer un exemplaire qu'après la bataille de Waterloo.

III. Cette notice de Berthollet aurait probablement et en peu de temps attiré l'attention de nos compatriotes sur cette importante partie de la chimie, si le génie de Dalton ne lui avait pas fait envisager le sujet sous un point de vue plus général, et que l'on a désigné sous le nom de système atomistique. J'ignore l'époque à laquelle les premières idées qui font la base de cette théorie se présentèrent à ce savant; mais il est probable qu'elles lui sont venues par degrés, et qu'il les a adoptées par suite de ses recherches expérimentales. Je fus le voir pour la première fois à Manchester, le 26 août 1804, et ce jour-là même M. Dalton me fit part de ses idées sur la composition des corps.

Les dernières particules de tous les corps simples sont, suivant ce chimiste, des *atomes* qui ne sont plus susceptibles d'être divisés. Ces atomes (au moins considérés avec le calorique qui leur est propre) sont tous des sphères, et tous ont un poids

particulier qui peut être exprimé par des nombres. M. Dalton représente les atomes des corps simples par des signes. Voici un exemple de sa méthode :

SIGNES.		POIDS RELATIFS
⊙	Hydrogène . . .	1
⦶	Azote . . .	5
○	Oxigène . . .	6,5
●	Carbone . . .	5

COMPOSÉS BINAIRES.

○⊙	Eau	7,5
⦶○	Gaz nitreux . . .	11,5
●⊙	Gaz oléfiant . . .	6
⦶⊙	Ammoniaque . . .	6
●○	Oxide de carbone . .	11,5

COMPOSÉS TERNAIRES.

○●○	Acide carbonique . .	18
⦶○⦶	Protoxide d'azote. . .	16,5
●⊙●	Ethers	
⊙●⊙	Hydrogène carburé . .	7
○⦶○	Acide nitrique . .	18

COMPOSÉ QUATERNAIRE.

○⦶○ ○	Acide oxinitrique . .	24,5

COMPOSÉ QUINAIRE.

⦶○○⦶○	Acide nitreux	29,5

COMPOSÉ SEXTENAIRE.

●○● ⊙●⊙	Alcool	23,5

SIGNES.		POIDS RELATIFS.
	COMPOSÉ SEPTENAIRE.	
○◐ ⊙○○ ◐⊙	Nitrate d'ammoniaque .	31,5

Telle était la manière dont M. Dalton envisageait les choses vers le mois d'août 1804. Sa théorie, autant que je puis me le rappeler, était déduite originairement de ses expériences sur le gaz oléfiant et l'hydrogène caburé. Il trouva ces deux corps composés de carbone et d'hydrogène; mais le carbone étant supposé en même proportion dans chacun d'eux, il reconnut que le dernier gaz contenait deux fois autant d'hydrogène que le premier; résultat qui l'engagea à déterminer par des nombres, les rapports de ces parties constituantes, et à considérer le gaz oléfiant comme étant composé d'un atome de carbone et d'un atome d'hydrogène; et l'hydrogène carburé, comme étant formé d'un atome de carbone et de quatre atomes d'hydrogène. Cette idée, ainsi conçue, fut appliquée à l'oxide de carbone, à l'eau, à l'ammoniaque, etc.; et des nombres, représentant les poids des atomes d'oxigène, d'azote, etc., furent déduits des meilleures expériences analytiques que la chimie possédait à cette époque.

J'ai inséré dans la troisième édition de mon Système de chimie, publiée en 1807, et autant que j'ai pu l'entendre, une courte esquisse de la théorie de M. Dalton (1). La même année, on publia dans les

(1) Voyez t. III, pag. 424.

Transactions philosophiques mon mémoire sur l'*acide oxalique*, dans lequel je démontrai que cet acide s'unit en deux proportions avec la strontiane, forme un oxalate et un binoxalate; et qu'en supposant la proportion de strontiane la même dans les deux sels, l'acide oxalique dans le dernier est exactement le double de ce qu'il est dans le premier (1). A peu près à la même époque, le Dr Wollaston fit voir que le bicarbonate de potasse contenait juste deux fois autant d'acide carbonique que le carbonate de potasse, et qu'il y avait trois oxalates de potasse, savoir, l'oxalate, le binoxalate et le quadroxalate, dont les acides sont dans le rapport des nombres 1, 2, 4.

Ces faits attirèrent peu à peu l'attention des chimistes sur les idées de M. Dalton, et plusieurs d'entre eux, qui d'abord les avaient regardées comme des choses imaginaires, finirent par les adopter. Dans ce nombre, il faut distinguer sir H. Davy, qui contribua si puissamment, quelques années plus tard, à confirmer et à étendre cette importante théorie.

En 1808, M. Dalton publia le premier volume de son *Nouveau système de philosophie chimique*, et dans le dernier chapitre de ce volume, chapitre qui ne forme que six pages, il nous donne une notion exacte de son système atomistique. Une planche, qui se trouve à la fin du volume, indique les signes et

(1) Bérard, dans un Mémoire sur les *oxalates*, qu'il fit paraître comme une correction du mien, quoique ses résultats soient en général moins exacts que ceux que j'ai donnés, nie l'existence du binoxalate de strontiane. J'ai souvent obtenu ce sel, et je l'ai montré constamment à mes auditeurs. Il diffère beaucoup de l'oxalate simple

les poids des atomes de trente-sept corps, dont vingt étaient alors considérés comme simples, et dix-sept comme composés. En 1810 parut le second volume de cet ouvrage, dans lequel ce chimiste examina les combinaisons de l'oxigène avec l'hydrogène, l'azote, le carbone, le soufre et le phosphore; et celles que forment l'hydrogène avec le carbone, le soufre et le phosphore. Il démontra que tous ces corps se combinaient suivant les lois de la théorie atomistique. Il examina aussi le poids des atomes et les combinaisons des alcalis et des terres. Quant au troisième volume de cet important travail, bien qu'il soit imprimé depuis plusieurs années, il n'a point encore paru : l'auteur, pour des raisons qui me sont inconnues, n'a pas jugé convenable de le donner au public, et ce retard lui a sans doute fait perdre le droit de priorité, que lui avait acquis plusieurs découvertes importantes, sur les combinaisons métalliques, dont il traite dans ce volume.

M. Dalton a choisi l'atome d'hydrogène pour *unité*, et il a été suivi en cela par le Dr Henry de Manchester, et par un ou deux chimistes de Londres. Mais cette méthode a été rejetée par presque tous les chimistes anglais, et sans exception par ceux de l'Europe et de l'Amérique. Un pareil choix n'était pas heureux, par plusieurs raisons évidentes : 1o parce que l'atome d'hydrogène est le plus difficile à déterminer, et que l'on ne s'accorde pas encore sur son poids. En effet, suivant le professeur Berzélius, ce poids est seulement 0,0625, tandis que le plus grand nombre des chimistes anglais le portent à 0,125, ce qui est le double de l'estimation de Berzé-

lius. Or, si l'on prend le poids de l'atome d'hydrogène pour *unité*, et que l'on commette une erreur, puisqu'il s'agit d'un rapport, cette erreur affectera le poids des atomes de tous les autres corps, et ils seront tous ou trop pesans ou trop légers; tandis que si nous prenons l'oxigène pour *unité*, toutes les erreurs relatives à l'atome d'hydrogène ne porteront que sur lui, et ne modifieront en aucune manière l'exactitude des déterminations relatives aux atomes des autres corps. 2° Parce que l'hydrogène, dans l'état présent de nos connaissances, ne se combine qu'avec un petit nombre des autres corps simples, tandis que l'oxigène s'unit avec tous, et souvent dans des proportions différentes : il y aurait donc très-peu d'avantage à choisir pour unité l'atome d'hydrogène, et au contraire il y en aurait un très-grand à prendre l'atome d'oxigène; car il réduit le plus grand nombre des opérations d'arithmétique relatives à ces corps, à l'addition de l'unité, et l'on voit d'un coup d'œil le nombre des atomes d'oxigène qui entrent en combinaison avec les divers corps.—Si, par exemple, l'atome de manganèse est représenté par 3,5, et que les poids des divers oxides de ce métal soient :

1 Suboxide . . .	4
2 Protoxide . . .	4,5
3 Deutoxide . . .	5
4 Tritoxide . . .	5,5
5 Acide manganéseux .	6,5
6 Acide manganésique .	7,5

il est évident que

Le suboxide contiendra ½ atome oxigène.

Le protoxide . . .	1	atome oxigène.
Le deutoxide. . .	1 ½	
Le tritoxide. . .	2	
L'acide manganéseux.	3	
L'acide manganésique.	4	

tandis que si l'on prend l'atome d'hydrogène pour unité, les nombres seront

Manganèse . . .	28
Suboxide	32
Protoxide	36
Deutoxide	40
Tritoxide	48
Acide manganéseux.	56
Acide manganésique	64

nombres dans lesquels, au premier aspect, on ne voit pas avec la même facilité, les atomes d'oxigène que contient chacun d'eux.

3° Il est probable que tout ce que nous parviendrons à connaître sur le poids des atomes des corps, se bornera au rapport de ces poids entre eux. Or, il est évident que ces rapports sont d'autant plus faciles à apercevoir et à employer, que les nombres qui les expriment sont plus petits. Ainsi le rapport de 38741 à 116223 est le même que celui de 1 à 3. Mais combien cette grande quantité de chiffres est incommode, si on la compare avec cette simple expression 1 : 3! Il est donc très-important en chimie, que les poids des atomes des corps soient représentés par les plus petits nombres possibles. En prenant donc pour *unité* l'atome d'oxigène, les poids des atomes de tous les corps sont représentés par des

nombres huit fois moindres que si nous prenions l'atome d'hydrogène pour point de départ. Quelques personnes ont prétendu que si l'on employait l'atome d'hydrogène comme unité, le poids de l'atome de chaque corps, dans ce cas, serait un nombre entier; tandis qu'en lui substituant l'oxigène, il est presque toujours impossible d'éviter les fractions, qui rendent l'expression de ces poids plus compliquée et plus incommode pour l'usage, que les nombres plus grands déduits de l'hydrogène pris pour unité. Mais cette manière de considérer la chose est tout-à-fait erronée. Je ferai voir dans cet ouvrage, que même en prenant l'oxigène pour unité, presque la moitié de tous les poids des atomes des corps présente des nombres entiers; et que quand il existe des fractions, c'est toujours 0,25, 0,5 ou 0,75, excepté dans quatre ou cinq cas, où la fraction est 0,125, 0,375 ou 0,625. Si l'hydrogène est pris pour unité, l'atome de manganèse sera 28, tandis qu'il sera 3 ½, si c'est l'oxigène que l'on prend. Dans la première supposition, l'atome de baryte est 78, et dans la seconde 9 ¾. Certainement on ne dira pas que ces fractions sont moins faciles à évaluer que des nombres entiers, et chaque fois que le rapport est ainsi exprimé, l'avantage est incontestablement en faveur de la supposition où l'oxigène est pris pour unité. Ainsi l'atome d'uranium est 208, comparé à l'hydrogène, et seulement 26, dans l'autre cas.

Ce fut le Dr Wollaston qui eut le premier l'idée de prendre l'oxigène pour unité. Berzélius, dans ses importantes recherches, adopta cette mé-

thode, et j'en ai fait de même dans mes mémoires sur la théorie atomistique, insérés dans la première série des *Annales de philosophie*. M. R. Philips, dans les mêmes annales (deuxième série), a donné une table des atomes suivant une échelle dont la base est l'hydrogène.

IV. C'est à M. Gay-Lussac que nous devons les autres améliorations survenues dans la théorie atomistique; et parmi les mémoires qui forment le deuxième volume de ceux de la société d'Arcueil, publié en 1804, on en trouve un de cet habile chimiste *sur la Combinaison des substances gazeuses les unes avec les autres* (page 207). Dans ce mémoire, M. Gay-Lussac fait voir que les gaz, considérés relativement à leurs volumes, s'unissent l'un à l'autre d'une manière très-simple. Un volume d'un gaz se combine, soit avec un volume, soit avec deux ou avec un demi-volume d'un autre gaz; un volume de gaz acide carbonique, par exemple, s'unit avec un volume et avec deux volumes d'ammoniaque à l'état gazeux; le gaz acide fluoborique s'unit en deux proportions avec le gaz ammoniacal; le protoxide d'azote est un composé d'un volume d'azote et d'un demi-volume d'oxigène; tandis que le deutoxide d'azote est formé de 1 d'azote et 1 d'oxigène. Il prouve aussi dans le même mémoire que quand des gaz s'unissent, l'altération de volume qu'ils éprouvent est toujours très-simple. Ainsi, dans le deutoxide d'azote, les volumes combinés sont 1 d'azote et 1 de gaz oxigène, sans condensation; et dans le gaz acide carbonique, les volumes sont 1 d'oxide de carbone et ½ de gaz oxigène qui se réduisent en un volume, etc.

Cette découverte, très-importante sur la manière dont les corps gazeux s'unissent, jeta sur ces sortes de combinaisons une lumière nouvelle et inespérée, qui a puissamment contribué à simplifier et à perfectionner leur mode d'analyse; d'ailleurs ces résultats, ainsi que M. Gay-Lussac le fait entendre dans son mémoire, s'accordent parfaitement avec les vues de M. Dalton, dont elles auraient pu favoriser les recherches : car, si la pesanteur spécifique des corps gazeux avait été mieux connue à l'époque où il écrivait, il aurait pu, par cette méthode, déterminer avec plus de précision qu'il ne l'a fait, le poids des atomes des combustibles acidifiables. Mais le premier volume de l'ouvrage de M. Dalton était publié, et probablement la plus grande partie du second imprimée, avant qu'il ait eu l'occasion de lire le mémoire de M. Gay-Lussac; et quand il l'eut vu, au lieu de l'accueillir comme une addition importante à ses propres idées, il s'attacha à démontrer que les opinions de M. Gay-Lussac étaient sans fondement. Cependant les recherches subséquentes des chimistes n'ont laissé aucun doute sur la réalité de la découverte; et si M. Dalton lui refuse encore son assentiment, il est, je crois, le seul chimiste vivant qui conserve cette opinion.

Recherches et découvertes de Berzélius.

V. Quand le professeur Berzélius, de Stockholm, conçut le dessein d'écrire son Traité élémentaire de chimie, dont le premier volume a été publié en 1808, il s'y prépara en lisant, sur cette science, divers ouvrages qui tombent rarement entre les mains des chimistes. Il lut, entre autres, les écrits

de Richter, et fut très-frappé de l'explication qu'il y trouva, sur la composition des sels et sur la précipitation des métaux les uns par les autres. On pourrait conclure des recherches de ce dernier, que si l'on possédait une bonne analyse de certains sels, on arriverait par ce moyen à calculer avec précision la composition de tous les autres. Le professeur Berzélius forma dès lors le projet d'analyser une série de sels avec la plus scrupuleuse exactitude; et, tandis qu'il s'occupait à mettre son projet à exécution, d'une part Davy découvrait les élémens des alcalis et des terres, et de l'autre la théorie de M. Dalton parvenait à sa connaissance. Ses idées s'agrandirent à mesure qu'il avançait, et dès lors il songea à étendre de beaucoup le plan qu'il avait primitivement adopté. Les premières analyses de Berzélius furent loin d'être satisfaisantes; mais, en les répétant et en variant les méthodes, il découvrit les erreurs, améliora ses procédés, et finalement obtint des résultats qui s'accordaient complétement avec les calculs que fournit la théorie. Il consacra plusieurs années à ces laborieuses recherches; et lorsqu'en Angleterre, nous eûmes pour la première fois connaissance de ses travaux, ce fut par une lettre adressée par Berzélius à M. Berthollet, laquelle fut insérée dans le soixante-dix-septième volume des *Annales de chimie*, vers le commencement de 1811. Ce chimiste rend compte, dans cette lettre, de ses méthodes d'analyse, ainsi que de la composition de 47 corps composés. Il fait voir que, quand un protosulfure métallique est converti en sulfate, le sulfate est toujours neutre; qu'un atome de soufre pèse le double d'un atome d'oxigène; et que, quand

le sulfite de baryte est converti en sulfate, le sulfate est neutre, puisqu'il n'y a point excès d'acide ou de base. De ces faits importans et de plusieurs autres, il tire cette conclusion : « Dans un composé formé » de deux substances, contenant l'une et l'autre de » l'oxigène, celle qui, lors de la décomposition par » la pile, se porte vers le pole positif (l'acide, par » exemple), contient deux, trois, quatre, cinq, » etc., fois autant d'oxigène que la substance qui se » rend au pôle négatif (tels sont les alcalis, les terres » ou les oxides métalliques). » L'essai de Berzélius parut dans le troisième volume du *Af handlingar i Fysik, Kemi och Mineralogie*, imprimé à Stockholm en 1810 (il occupe 114 pages). Une traduction fut insérée presque immédiatement dans les *Annalen der Physik*, de Gilbert, ainsi que dans *les Annales de Chimie*; mais jamais aucune traduction anglaise de cet important mémoire n'a été publiée. En 1815, Berzélius fixa son attention sur le règne minéral. Son essai fut consigné dans le quatrième volume de l'ouvrage cité (*Af handlingar*); il fut traduit bientôt en anglais, par M. Black; et quelques années après, Berzélius lui-même en publia une traduction française à Paris. Le cinquième volume du même ouvrage, publié en 1818, est presque en entier rempli par neuf mémoires de Berzélius sur le même sujet; et tous, mais particulièrement les deux derniers, sont d'une haute importance. Ces différens mémoires ont paru dans les journaux allemands, et le plus grand nombre dans les journaux français et anglais.

Cet infatigable expérimentateur a consigné les

résultats de ses recherches dans le sixième volume de l'ouvrage déjà indiqué (*Af handlingar*); et il leur ajouta de nouveaux développemens dans quelques-uns des derniers volumes des Mémoires de l'académie de Stockholm. Nous lui sommes redevables d'un plus grand nombre d'analyses exactes qu'à tous les autres chimistes réunis. Il est au reste tout-à-fait inutile de faire observer combien ces travaux ont contribué à l'établissement de la théorie atomistique, et quels immenses progrès ils ont fait faire à la science. Dans le fait, on peut presque dire que c'est Berzélius qui a établi cette théorie. Ses analyses l'emportent pour l'exactitude sur celles de tous les chimistes qui l'ont précédé; il a embrassé avec une égale ardeur toutes les branches de la chimie, et il en a agrandi le domaine par son infatigable persévérance et sa profonde sagacité.

Wollaston. Échelle des équivalens chimiques.

VI. En 1814, le Dr Wollaston publia, dans les *Transactions philosophiques*, la description d'une échelle synoptique des équivalens chimiques. Nous trouvons dans ce mémoire les équivalens ou les poids des atomes de 73 corps différens, déduits principalement de la comparaison d'expériences analytiques antérieures; et presque toutes ces déterminations sont très-voisines de la vérité. Ces nombres sont rangés sur une espèce de règle à coulisse à la manière d'une table de logarithmes, et vis-à-vis chacun d'eux est inscrit le nom des substances. Au moyen de cette règle, on peut résoudre plusieurs questions relatives aux différens corps contenus dans l'échelle : elle est d'un grand

avantage pour la chimie pratique, aussi se trouve-t-elle dans tous les laboratoires. Cette échelle donne en effet, à la seule inspection, la composition de tous les sels qu'elle contient : elle indique la quantité d'un nouvel ingrédient nécessaire pour opérer la décomposition, et fait connaître les proportions du composé. Cette invention peut en conséquence être considérée comme une addition importante à la théorie atomistique, dont l'usage, depuis lors, est devenu partout plus familier; et on lui doit, je pense, la propagation de cette théorie en Angleterre : il faut lui attribuer aussi d'avoir fait prévaloir l'usage introduit par le Dr Wollaston, de représenter l'atome d'oxigène par l'unité, ou au moins par 10; ce qui revient à peu près au même.

Découverte de Prout des rapports entre les poids des atomes.

VII. Dans l'année 1815, il parut, dans le sixième volume des *Annales de philosophie*, un mémoire du Dr Prout, ayant pour titre : *Du rapport entre les pesanteurs spécifiques des corps dans leur état gazeux, et des poids de leurs atomes.* Ce mémoire est fait avec une sagacité qui a été rarement surpassée dans les recherches chimiques, et il fait voir clairement que l'auteur, s'il le voulait, pourrait parvenir à un haut degré de célébrité. M. Prout fait voir d'abord, que si l'air est composé de 20 volumes d'oxigène et de 80 d'azote, à l'état de gaz, la pesanteur spécifique de ces gaz est alors :

Oxigène	. .	1,1111
Azote	. .	0,9722

Il montre aussi que la pesanteur spécifique du gaz hydrogène est 0,0694; et que si nous comptons pour le poids de l'atome d'hydrogène 0,125, celui de l'oxigène sera 1. La table suivante indique les nombres que ce chimiste a déterminés pour plusieurs corps simples, et la plupart de ses déterminations sont le résultat d'expériences directes et très-exactes.

1	Oxigène	1
2	Azote	1,75
3	Hydrogène	0,125
4	Chlore	4,5
5	Iode	15,5
6	Carbone	0,75
7	Soufre	2
8	Phosphore	1,75
9	Calcium	2,5
10	Sodium	3
11	Fer	3,5
12	Zinc	4
13	Potassium	5
14	Barium	8,75

M. Prout observa que tous ces poids d'atomes étaient multiples du poids de l'atome d'hydrogène; que tous, en effet, étaient multiples du double atome de ce gaz, ou 0,25; et la plupart, du quadruple, ou 0,5. Il remarqua en outre qu'en général l'on pouvait trouver la pesanteur spécifique des corps à l'état de gaz, en multipliant le poids de l'atome par 0,5555, ou moitié de la pesanteur spécifique du gaz oxigène; parce que l'atome d'oxigène est représenté par un demi-volume, et celui de la plupart des autres substances, par un volume entier.

VIII. Après la lecture de cet excellent mémoire, je fus convaincu que de nouvelles recherches analytiques étaient encore nécessaires pour déterminer avec exactitude les poids des atomes des corps, et je formai le projet de les entreprendre à l'aide d'expériences directes. Je ne pus mettre ce projet à exécution que dans l'été de 1819, parce que ce ne fut que vers la fin de celui de 1818, que le collége de Glasgow, auquel je venais d'être attaché, put me procurer un laboratoire. Depuis lors j'ai consacré tous mes loisirs à ces sortes de recherches, et j'évitai avec soin de m'occuper de différens sujets assez attrayans pour avoir fixé l'attention générale. Mes expériences ont été très-nombreuses, et elles montent à plusieurs milliers.

Mes progrès furent d'abord très-lents, parce que je fus obligé d'essayer plusieurs méthodes avant d'en trouver une dont l'exactitude pût me satisfaire. Néanmoins je m'aperçus que les difficultés diminuaient à mesure que j'avançais, et je finis par acquérir une telle facilité, que pendant les quatre derniers mois j'ai pu déterminer, avec assez d'exactitude, la composition d'une centaine de sels, au moins. Mon premier soin fut de m'assurer si, comme le croit le Dr Prout, les poids des atomes de tous les corps sont des multiples du poids de l'atome de l'hydrogène, parce qu'en effet, cette vérité, une fois démontrée, donnerait à l'expression de la théorie des atomes une simplicité que l'on n'avait pas soupçonnée, et placerait dès lors la chimie dans un rang beaucoup plus élevé que celui qu'elle a jusqu'à présent occupé. Les nombreuses recherches

qui seront développées dans le cours de cet ouvrage établiront entièrement, j'ose m'en flatter, la vérité de cette ingénieuse conjecture; car chaque substance dont j'ai pu me procurer une quantité assez considérable pour pouvoir l'examiner à fond, s'est trouvée, non-seulement être un multiple du poids de l'atome d'hydrogène; mais encore, un multiple de 0,25 ou de deux atomes de ce gaz. Il faut cependant en excepter un petit nombre de composés dans lesquels il entre un seul atome ou un atome impair d'hydrogène.

Après avoir déterminé le poids des atomes de toutes les substances simples et de plusieurs de leurs composés, je voulus examiner un nombre considérable de sels, pour voir si je ne découvrirais pas quelque loi relative à la quantité d'eau de cristallisation que ces corps contiennent fréquemment. Pour atteindre ce but, je soumis à l'expérience une multitude de sels; mais le seul résultat évident que j'ai obtenu dénote que le nombre des atomes d'eau dans ces sortes de corps est plutôt en rapport avec la base qu'avec l'acide : car, dans chacun d'eux, la même base contient en général à peu près le même nombre d'atomes d'eau. Il y a cependant plusieurs exceptions à cette loi.

J'offre aujourd'hui aux chimistes, et avec beaucoup de défiance, le résultat de mes recherches; car, bien que j'aie pris les plus grandes peines pour obtenir des résultats exacts, et que souvent j'aie répété huit ou dix fois, avant d'en être parfaitement satisfait, les expériences que je regardais comme fondamentales, leur nombre cependant est si considé-

rable, qu'il serait étonnant que, dans certains cas, je ne me fusse pas trompé. Je me suis fait une loi de les rapporter à peu près comme elles ont été faites (quand je les ai regardées comme fondamentales), parce que, n'ayant personne pour revoir mes calculs nécessairement très-nombreux, malgré leur simplicité, il a dû probablement s'y glisser quelques erreurs d'arithmétique; et, en pareil cas, la connaissance des expériences originales permettra au lecteur de vérifier lui-même ces calculs, et de rectifier les erreurs dans lesquelles j'aurais pu tomber par inadvertance. Ce manque d'attention de la part de quelques écrivains m'a quelquefois mis dans un grand embarras; lorsque, par exemple, une erreur de chiffres était évidente, et que je n'avais point de données pour la corriger, ou de moyen pour reconnaître sur quel nombre elle portait. Les écrits de Berzélius même, quoique très-exacts, ne sont pas toujours exempts de cette désespérante incertitude.

CHAPITRE II.

DE LA THÉORIE ATOMISTIQUE.

Dès l'instant où les philosophes ont porté leur attention sur la nature des derniers élémens des corps, il s'est établi entre eux deux opinions distinctes. Suivant les uns, ces derniers élémens sont des *atomes* ou particules qui ne peuvent plus subir de division ; suivant les autres, la *matière* est divisible à l'infini, et par conséquent ces atomes n'existent point. Ces deux opinions divisèrent les anciens ; et après la renaissance des lettres en Europe, nous les retrouvons partageant également le monde philosophique en deux sectes. La divisibilité indéfinie de la matière, qui vers le commencement du dernier siècle était un sujet favori de discussion en Angleterre, paraît avoir été généralement adoptée. Le Dr Keil, dans son *Introduction à la physique*, lui a consacré trois leçons. Dans la première, il démontre la divisibilité indéfinie de la matière ; dans la seconde, il répond aux objections qui ont été avancées contre la vérité de cette doctrine ; et dans la troisième, il cite un grand nombre d'exemples de l'extrême subtilité de la matière, en montrant comment la portion la plus ténue de certaines substances peut être rendue visible, ou distinguée par

l'odorat. Leibnitz, d'un autre côté, adopta l'opinion que les derniers élémens des corps étaient des atomes; et pour éviter les objections mathématiques de ceux qui embrassaient la doctrine de la divisibilité indéfinie de la matière, il considéra ces atomes comme non étendus : mais une foule de fausses conséquences découlaient de cette opinion de Leibnitz; pour obvier à cet inconvénient, Boscovich considéra les derniers élémens des corps comme composés d'atomes étendus, et démontra d'une manière fort ingénieuse, d'après la loi de continuité, que le contact mutuel entre ces atomes ou ceux des corps qu'ils constituent, était impossible. Suivant la théorie de Boscovich, la dernière, la plus complète et la plus ingénieuse de toutes celles qui ont été offertes jusqu'à présent au public, les corps sont composés d'atomes étendus, indivisibles et homogènes, possédant des forces qui, selon la distance, sont alternativement répulsives ou attractives. Cette théorie a été considérée sous un jour favorable par quelques-uns des plus célèbres écrivains qui ont paru depuis la publication de l'ouvrage de ce mathématicien (*Theoria naturalis*), et les savans de l'époque actuelle semblent avoir généralement adopté cette opinion, surtout d'après l'autorité de Boscovich, que les principes des corps sont des atomes qui ne peuvent plus subir aucune division.

Quant à l'idée de Boscovich, que les derniers atomes des corps sont homogènes, nous sommes aujourd'hui dans l'impossibilité de décider si elle est bien ou mal fondée. Il n'est pas probable qu'aucun de ces derniers élémens se soit jamais présenté à no-

tre vue. Tous les corps que nous nommons simples sont probablement des composés, et il est possible que leurs principes constituans soient très-peu nombreux: il est même concevable qu'on peut les réduire à deux; mais ce que je ne saurais comprendre, c'est de quelle manière toutes les variétés des corps que nous connaissons pourraient être produites par une seule espèce d'atome ou substance élémentaire.

Si les atomes des corps ne sont pas susceptibles de division ultérieure ou de diminution, il semble nécessaire que nous adoptions l'opinion de Leibnitz, que ces atomes sont inétendus. Cette notion nous entraîne dans un labyrinthe de subtilités métaphysiques, à travers lequel Boscovich a su avec beaucoup d'adresse se frayer un chemin : mais de semblables discussions ne convenant en aucune manière ni à un système de chimie ni à la science elle-même dans son état actuel, nous ferons mieux de les éviter. Par le mot *atome* donc, je ne désire exprimer, dans le cours de cet ouvrage, que les dernières particules dont un corps quelconque est composé, sans considérer si la division ultérieure de ces particules est possible ou non. Elles diffèrent l'une de l'autre en poids, mais je ne cherche pas à déterminer si cette différence porte sur leur volume ou leur poids spécifique, ou sur l'un et l'autre à la fois.

Les poids des atomes des corps, déduits des combinaisons dans lesquelles ils entrent, expriment simplement des rapports, et n'ont aucune espèce de relation, soit avec le volume, soit avec la pesanteur spécifique des atomes auxquels ils appartiennent.

Si un corps est simple, il nous semble raisonnable

de croire que ses atomes ou dernières particules sont incapables de diminution ultérieure ou de division, et conséquemment, que la supposition de l'existence de demi-atomes est tout-à-fait fausse. Nonobstant cela, j'ai admis, dans certains cas, qu'un atome d'un corps pouvait s'unir avec un atome et demi ou un demi-atome d'un autre corps; supposition que quelques personnes ont considérée comme impropre, je dirai mieux comme absurde, puisqu'elle est impossible. Je crois à peu près inutile d'observer que nous pouvons avec la plus grande facilité nous débarrasser de ces demi-atomes, en doublant simplement les nombres qui représentent les parties constituantes du composé. Si, par exemple, un atome de fer pèse 3,5, et un atome d'oxigène 1; et si nous regardons comme absurde que le *peroxide de fer* soit composé de 1 atome de fer et de 1 ½ atome d'oxigène, nous n'avons seulement qu'à doubler 3,5, et 1,5, qui sont les deux principes constituans du peroxide de fer. Par ce moyen, nous aurons 7 = 2 atomes de fer, et 3 = 3 atomes d'oxigène, et le peroxide de fer sera composé de 2 atomes de fer et de 3 atomes d'oxigène.

On peut admettre que cette dernière expression représente la véritable composition de cet oxide et des autres composés dans lesquels un demi-atome d'oxigène, ou d'un acide, ou d'une base, paraît entrer. Néanmoins, j'ai préféré indiquer la composition, de la première manière plutôt que de la seconde, parce qu'elle nous donne des nombres plus petits et plus simples, et qu'elle nous met à même de mieux voir la connexion qui existe entre le composé en question et les autres composés formés des mêmes

principes. Si nous représentons le poids des atomes du fer et de ses oxides de la manière suivante :

Fer	. . .	3,5
Protoxide de fer	. .	4,5
Peroxide de fer	. .	5,0

nous voyons d'un coup d'œil que le protoxide est composé de 1 atome de fer uni à 1 atome d'oxigène, et que l'oxigène dans le peroxide est à celui du protoxide, comme 3 : 2 ; mais si nous représentons ces poids atomistiques par

Fer	. .	3,5
Protoxide de fer	.	4,5
Peroxide de fer	.	10,0

en doublant le nombre des atomes dans le peroxide, la relation entre l'oxigène, dans les deux oxides de fer, est beaucoup moins évidente. C'est afin de profiter de cet avantage, qui me paraît très-grand, que, dans certains cas, j'ai été conduit à introduire des demi-atomes. Je ne voudrais pas cependant que l'on supposât que j'adopte pour cela l'idée abstraite de la possibilité de l'existence de demi-atomes ; mais bien que l'on en inférât que je l'ai uniquement fait pour me faciliter les calculs dans la méthode que j'ai adoptée. Ceux qui préfèrent des considérations théoriques à de semblables facilités, n'ont qu'à doubler le poids de l'atome de tous les corps qui contiennent des demi-atomes, et ils feront disparaître l'anomalie. Les substances qui contiennent des demi-atomes d'oxigène ne montent qu'à 7 : un petit nombre se présente avec un demi-atome de soufre, et quelques-unes avec un demi-atome d'acide..

Quoique le mot *atome*, d'après l'étymologie et même suivant l'acception ordinaire, indique une particule incapable d'aucune diminution ou division ultérieure, pour éviter les longueurs, je l'ai employé dans une acception plus étendue. Quand je me sers de ce mot pour exprimer les dernières particules des corps *simples*, il est pris dans son acception rigoureuse et usuelle; mais quand je l'applique à un corps *composé*, il doit devenir pour le lecteur synonyme de l'expression *particule intégrante*. Ainsi un atome de fer peut être considéré comme renfermant l'idée de la dernière particule de ce métal; tandis qu'un atome de protoxide de fer, indique simplement une particule intégrante du protoxide de fer, composée d'un atome de fer et d'un atome d'oxigène, et conséquemment contenant réellement deux atomes. Je me suis rarement servi du mot *atome*, en parlant des parties constituantes des sels; et quand ce mot est employé dans ce sens, il désigne une substance contenant un nombre considérable d'atomes. Ainsi un atome ou particule intégrante de sulfate d'ammoniaqne, est composé de

1 Atome acide sulfurique . .	5
1 Atome ammoniaque . . .	2,125
1 Atome d'eau	1,125
	8,25

Deux particules intégrantes, l'une d'acide sulfurique, l'autre d'ammoniaque, contiennent chacune quatre atomes, et une particule intégrante d'eau en contient deux; en telle sorte qu'un atome

ou particule intégrante de sulfate d'ammoniaque, ne contient pas moins de dix atomes.

Je ne doute pas que cet emploi peu déterminé du mot *atome* ne paraisse à plusieurs de mes lecteurs une liberté inconvenante et tout-à-fait incompatible avec la précision que réclament des discussions chimiques; mais si j'ai agi de la sorte, c'est que j'ai pensé que jusqu'à présent nous ne connaissons aucun corps vraiment simple. Ceux que nous croyons tels sont très-probablement des composés, et dans le nombre, il en est sans doute plusieurs que les travaux ultérieurs des chimistes ramèneront à de plus simples élémens. Si cette opinion est fondée, j'aurais pu m'abstenir de me servir du mot *atome*, ou du moins n'en faire usage pour aucun des corps qui nous sont maintenant connus : au surplus cette considération paraît avoir engagé plusieurs des chimistes les plus distingués, tant en France qu'en Angleterre, à rejeter entièrement cette dénomination. Ainsi le Dr Wollaston lui a substitué les mots *équivalent chimique*, et sir H. Davy, le terme *proportion :* mais je ne vois pas de raison qui oblige à être si scrupuleux. Le mot *atome* est plus commode, plus court et plus exact qu'aucun autre mot que j'aie pu imaginer; et quand on est convenu qu'il indique seulement une *particule intégrante* de la substance à laquelle on l'applique, il ne peut, ce me semble, en aucune manière, devenir une cause d'erreur.

II. M. Dalton, à la fin du premier volume de son Nouveau système de philosophie chimique, où il expose sa théorie atomistique, emploie les expressions *binaire, ternaire, quaternaire*, etc. Comme ces

expressions sont peu à peu devenues d'un usage général, je pense qu'avant tout il est nécessaire de nous y arrêter: or suivant ce chimiste

1 Atome de A + 1 Atome de B = 1 At.	de C, composé binaire.
1 Atome de A + 2 Atome de B = 1 At.	de D, composé ternaire.
2 Atome de A + 1 Atome de B = 1 At.	de E, composé ternaire.
1 Atome de A + 3 Atome de B = 1 At.	de F, composé quatern.
3 Atome de A + 1 Atome de B = 1 At.	de G, composé quatern.

Ainsi le protoxide de fer (composé *binaire*) est formé par un atome de fer, plus un atome d'oxigène; dans l'hydrogène carburé, qui est un composé *ternaire*, il y a un atome de carbone et deux atomes d'hydrogène; le deutoxide d'azote est un composé *ternaire*, formé d'un atome d'azote et de deux atomes d'oxigène; l'ammoniaque (composé *quaternaire*) contient un atome d'azote et trois atomes d'hydrogène; l'acide sulfurique est un composé *quaternaire*, dont les particules intégrantes sont un atome de soufre et trois atomes d'oxigène; l'acide nitreux est un composé *quinaire*, formé d'un atome d'azote et de quatre atomes d'oxigène; l'acide nitrique est un composé *sexenaire*, consistant en un atome d'azote et cinq atomes d'oxigène. D'après ces exemples, les termes *septenaire*, *octonaire*, etc., seront entendus sans autre explication.

M. Dalton pose les règles suivantes, et ce chimiste pense qu'elles peuvent nous servir de guide, pour fixer nos idées sur la composition des corps.

1° Quand la combinaison de deux corps ne peut se faire que d'une seule manière, on peut présumer qu'elle est *binaire*, à moins d'avoir quelque raison pour admettre le contraire.

2° Quand deux combinaisons ont lieu, on peut conclure que l'une est *binaire* et l'autre *ternaire*.

3° Quand on obtient trois combinaisons, on peut croire que l'une est *binaire* et les deux autres *ternaires*.

4° Dans le cas de quatre combinaisons, on peut s'attendre à en trouver une *binaire*, deux *ternaires* et une *quaternaire*.

5° Un composé *binaire* doit toujours être spécifiquement plus pesant que le simple mélange de ses deux composans.

6° Un composé *ternaire*, par la même raison, devra toujours être spécifiquement plus pesant que le mélange du composé *binaire* et du corps *simple* qui, s'ils étaient combinés, le constitueraient, etc., etc.

Les quatre premières règles de Dalton, si nous en exceptons la troisième, paraissent incontestables; mais la cinquième et la sixième ne s'accordent pas avec les conséquences auxquelles on est conduit, lorsque l'on compare les composés que nous connaissons, et leurs parties constituantes.

C'est une vérité généralement reconnue, que quand deux substances s'unissent, il se forme un composé dont la pesanteur spécifique est plus grande que la moyenne des deux principes constituans: mais à cet égard, il y a plusieurs exceptions. Ainsi le deutoxide d'azote a précisément la même pesanteur spécifique que ses deux élémens; il est composé, selon M. Gay-Lussac, d'un volume de gaz oxigène et d'un volume de gaz azote, unis ensemble sans altération de volume. Un volume de protoxide d'azote et un demi-volume de gaz oxigène réunis, for-

meront deux volumes de deutoxide d'azote; en telle sorte que dans l'acte de la combinaison, il y a dilatation, au lieu d'une condensation. La pesanteur spécifique d'un alliage de deux atomes d'étain et d'un atome de plomb devrait être 9,321 ; mais elle s'élève seulement à 8,817, ce qui fait voir que l'union de ces métaux a produit une expansion au lieu d'une contraction.

III. Berzélius nous a fait connaître dans ses différens mémoires sur la théorie des atomes, et surtout dans son Essai sur la théorie des proportions chimiques, les règles qui l'ont guidé dans la détermination du poids et du nombre qui entrent dans la composition des différens corps dont il s'est occupé. Les plus importantes lois sont les suivantes :

1° Un atome de A peut se combiner avec 1, 2, 3, 4, etc. atomes de B. Nous ne connaissons pas la limite, mais elle dépasse rarement 5 atomes.

2° Deux atomes de A peuvent se combiner avec 3 atomes de B; mais cette circonstance est beaucoup plus rare que le cas précédent.

3° Quand un acide et une base s'unissent, l'oxigène de l'acide est multiple de celui de la base, par 1, 2, 3, etc. Les seules exceptions à cette loi existent dans les combinaisons des acides phosphorique, arsenique et nitrique avec des bases.

4° Des oxides contenant seulement un atome d'oxigène uni à sept atomes de base ont une très-faible affinité pour les acides.

5° Des oxides contenant deux atomes d'oxigène ont une très-forte affinité pour les acides.

6° Des oxides contenant trois atomes d'oxigène

ont peu d'affinité pour les acides, et quelques-uns d'eux possèdent plutôt les propriétés de ces derniers que celles des bases.

7° La plupart des acides contiennent trois atomes d'oxigène; mais dans quelques-uns ce nombre est de 2, 4, 5, 6, 8 atomes.

On ne peut rien objecter aux deux premières de ces lois; elles sont simplement l'exposé de ce que chacun peut avoir observé en combinant les atomes les uns avec les autres.

La troisième loi n'est pas aussi évidente, et avant de l'adopter, nous entrerons dans quelques développemens. Le plus grand nombre des bases alcalines, comme on le verra dans le cours de cet ouvrage, contient seulement un atome d'oxigène, et les sels neutres étant composés de sept atomes d'acide et d'un atome de base, il est clair que dans tous ces sels l'oxigène de l'acide sera un multiple de l'oxigène de la base, parce que tout nombre est un multiple de l'unité. De là il résulte que chaque acide, soit qu'il contienne un, deux, trois atomes d'oxigène, ou même davantage, doit, dans le fait, contenir un nombre d'atomes de ce principe égal à l'oxigène de la base multipliée par le nombre d'atomes d'oxigène de l'acide. C'est ce qui doit nécessairement arriver, puisque, dans chaque acide, les atomes d'oxigène sont toujours en nombre entier. Berzélius considère à la vérité presque toutes les bases salifiables comme renfermant deux atomes d'oxigène; mais il représente les sels neutres comme formés d'un atome de base et de deux atomes d'acide : or, quel que soit le nombre d'atomes d'oxigène qu'un acide puisse

contenir, il est évident que le double de ce nombre est un nombre entier, ou un nombre divisible par 2, et conséquemment un multiple de 2.

Ainsi donc, tant qu'il ne s'agit que des sels neutres, la loi de Berzélius ne dit rien autre, sinon que les bases salifiables sont pour la plupart des protoxides; fait assez remarquable, quoique ce savant lui-même n'y ait pas fait attention : cette loi subsiste même pour les phosphates, les arséniates et les nitrates neutres, et pour les biphosphates, les biarséniates et les binitrates. Ce n'est que dans les sous-sels et dans les sels qui contiennent des peroxides unis à un acide, que nous pourrons voir si la loi de Berzélius est générale ou non. L'acide sulfurique, par exemple, contient trois atomes d'oxigène : or, il serait bien remarquable qu'il n'existât aucun protoxide dont deux atomes puissent s'unir à un atome d'acide sulfurique. Il n'y a qu'un petit nombre de sous-sels connus jusqu'à présent; cependant, quand je viendrai à traiter des sels, je crois que je pourrai fournir des exemples de sous-sels qui ne s'accorderont pas avec la prétendue loi de Berzélius. Le peroxide de fer est composé d'un atome de fer et d'un atome ½ d'oxigène; conséquemment, soit qu'il se combine avec 1 atome, 2 atomes ou 3 atomes d'acide sulfurique, il est évident que l'oxigène de l'acide doit être un multiple de l'oxigène de la base : car $3 = 1,5 \times 2$. Mais l'acide phosphorique est composé de 7 atomes de phosphore et de 2 atomes d'oxigène, d'où il résulte que la loi de Berzélius ne pourrait s'appliquer au perphosphate de fer, qu'autant qu'il ne consisterait qu'en un atome de peroxide de

fer uni à trois atomes d'acide phosphorique. Nous ne connaissons jusqu'à présent qu'un très-petit nombre de composés de peroxides et d'acides; cependant, en traitant des sels, j'en indiquerai quelques-uns dont la composition n'est pas conforme à la loi de Berzélius. Ce serait donc beaucoup hasarder que de regarder cette loi comme un guide susceptible de nous aider dans la détermination de la quantité d'oxigène unie aux bases; c'est cependant ce que Berzélius a fréquemment l'habitude de faire, et c'est aussi, je pense, ce qui l'a induit en erreur dans beaucoup de cas, ainsi que j'aurai peut-être l'occasion de le faire remarquer plus particulièrement dans la suite.

Les 4e, 5e, et 6e lois de ce chimiste sont entièrement fondées sur la manière particulière dont il envisage les combinaisons des atomes, et par conséquent elles ne peuvent servir à nous guider. Bien loin de partager l'opinion qu'un atome de base et un atome d'oxigène constituent des corps alcalins très-faibles, je considère ces corps comme les plus forts de tous; car les alcalis fixes, les terres alcalines et la plupart des oxides métalliques qui constituent les bases salifiables, appartiennent à cette classe de corps.

Je donne le nom de *suboxides*, aux oxides que Berzélius considère comme composés d'un atome de base et d'un atome d'oxigène, et je les crois formés de deux atomes de base et d'un atome d'oxigène. Ils n'ont qu'une faible affinité pour les acides, quoique la plupart d'entre eux se combinent au moins avec l'acide muriatique. Les chimistes jusqu'à présent n'ont remarqué qu'un petit nombre de ces suboxi-

des, bien qu'il soit vraisemblable qu'il deviendra plus considérable par la suite.

Il est inutile de faire aucune observation sur la 7e loi de Berzélius; elle exprime simplement son opinion sur la composition des acides. Si les idées que j'ai émises dans cet ouvrage méritent quelque confiance, on verra que parmi les acides, onze contiennent trois atomes d'oxigène, six seulement, 1; douze, 2; deux, 4; trois, 5; un, 7, et un, 8; comme on peut s'en convaincre par l'énumération suivante :

Acides contenant trois atomes oxigène :

1° oxalique.	5° molybdique.	9° formique.
2° sulfurique.	6° acétique.	10° tungstique.
3° chromique.	7° succinique.	11° fluoborique.
4° arsenique.	8° benzoïque.	

Acides contenant un atome oxigène :

1° silicique.	3° hyposulfureux.	5° colombique.
2° phosphoreux.	4° oxide de tellure.	6° fluorique.

Acides contenant deux atomes oxigène :

1° carbonique.	5° titanique.	9° molybdeux.
2° boracique.	6° arsenieux.	10° uranitique.
3° phosphorique.	7° sélénique.	11° urique.
4° sulfureux.	8° antimonique.	12° fluosilicique.

Acides contenant quatre atomes oxigène :

1° manganésique. 2° citrique.

Acides contenant cinq atomes oxigène :

1° hyposulfurique. 2° tartarique. 3° chlorique.

Acide contenant sept atomes oxigène :

Perchlorique.

Acide contenant huit atomes oxigène :

Saccholactique.

IV. Je vais maintenant exposer rapidement les considérations d'après lesquelles je me suis dirigé dans les recherches qui vont suivre, et dont les résultats m'ont conduit à assigner aux atomes les nombres établis dans cet ouvrage.

1° La seule connaissance utile que probablement nous puissions acquérir relativement aux atomes des corps, c'est le rapport que les poids de ces atomes ont les uns avec les autres; aussi, plus les nombres employés pour les représenter seront petits, plus leur utilité sera grande dans la chimie pratique.

2° Les sels neutres, c'est-à-dire ceux qui ne sont ni acides ni alcalins, sont probablement composés d'un atome d'acide uni à un atome de base; quand le sel a des propriétés acides, on peut croire qu'il est composé d'un atome de base et de plus d'un atome d'acide; quand il possède des propriétés alcalines, il est probablement composé d'un atome d'acide, et de plus d'un atome de base; mais ces règles sont sujettés à plusieurs exceptions. Quelques acides n'ont point la propriété de neutraliser les bases, quelque grande que soit la proportion que l'on en fasse entrer dans la combinaison; tel est l'acide boracique : ainsi un composé de huit atomes de cet acide et d'un atome de soude présente des propriétés alcalines. La neutralité des borates ne peut donc point servir

pour déterminer la proportion qui existe entre les atomes de l'acide et celle de la base. Il en est de même des carbonates alcalins : ils ont toujours des propriétés alcalines, quel que soit le nombre d'atomes d'acide carbonique qu'ils contiennent. D'un autre côté il y a plusieurs bases, telles que les oxides de cuivre et de zinc, qui ne détruisent pas les propriétés des acides, en quelque grande quantité qu'on les combine avec eux : ces sels rougissent toujours les couleurs bleues végétales, et possèdent certains caractères qui dénotent la présence d'un acide.

3° Les poids de quelques bases acidifiables ont été déterminés d'après leur rapport avec l'oxigène; ainsi on a trouvé que 2 atomes de soufre sont susceptibles de se combiner avec 1, 2 et 3 atomes d'oxigène. De là on a conclu que 2 représente le poids de l'atome du soufre, et que les poids atomistiques des composés de soufre et d'oxigène sont :

POIDS ATOMISTIQUES.

2 Soufre + 1 oxigène = 3 acide hyposulfureux.
2 Soufre + 2 oxigène = 4 acide sulfureux.
2 Soufre + 3 oxigène = 5 acide sulfurique.

De la même manière 0,75 de carbone s'unit avec 1 et 2 d'oxigène; d'où l'on infère que 0,75 représente le poids de l'atome de carbone, et que les poids atomistiques des composés de carbone et d'oxigène sont :

1° 0,75 Carbone + 1 oxigène = 1,75 oxide de carbone.
2° ——————— + 2 oxigène = 2,75 acide carbonique.

1,75 azote se combine avec 1, 2, 3, 4 et 5 oxigène : de là :

1° 1,75 Azote + 1 oxigène = 2,75 protoxide d'azote.
2° 1,75 azote + 2 oxigène = 3,75 deutoxide d'azote.
3° 1,75 azote + 3 oxigène = 4,75 acide hyponitreux.
4° 1,75 azote + 4 oxigène = 5,75 acide nitreux.
5° 1,75 azote + 5 oxigène = 6,75 acide nitrique.

4° Après avoir déterminé de cette manière les poids des atomes de quelques-uns des acides les plus importans et les plus employés, j'ai examiné les sels neutres que ces acides forment en s'unissant aux bases salifiables, et j'ai déterminé les proportions des poids atomistiques de l'acide et de la base dans chacun d'eux; j'en ai déduit ensuite le poids de l'atome de la base. Ainsi, sachant que le poids atomistique de l'acide sulfurique est 5, et que le sulfate de potasse est un composé de

Acide sulfurique. .	5
Potasse. . . .	6
	11

j'en ai conclu que le poids d'une particule intégrante de sulfate de potasse est 11, et qu'un atome de potasse pèse 6. C'est par cette méthode que j'ai déterminé le poids des atomes de la plus grande partie des bases salifiables.

5° Je choisis ensuite quelques-unes des bases les plus importantes et les plus usitées; et je les combinai avec les autres acides. Ayant ainsi formé une nouvelle suite de sels neutres, je les analysai avec beaucoup de soin, et je déterminai le rapport entre la base et l'acide. C'est de là que j'ai déduit le poids des atomes

des autres acides. Ainsi, connaissant que le poids atomistique de la soude est 4, et que l'acétate neutre anhydre de soude est composé de

Acide acétique. .	6,25
Soude. . . .	4
	10,25

j'en conclus que 10,25 représentait le poids d'une particule intégrante d'acétate anhydre de soude, et que 6, 25 était le poids atomistique de l'acide acétique.

En opérant ainsi, les poids des atomes de tous les acides et de toutes les bases furent déterminés d'après les sels neutres; ces poids représentent le rapport dans lequel les acides et les bases se saturent réciproquement; rapport qui d'une part est exprimé par les plus petits nombres possibles, et de l'autre s'accorde avec l'hypothèse, que le poids de l'atome d'oxigène est représenté par l'unité.

Nous exposerons dans les différens chapitres de cet ouvrage les méthodes employées pour déterminer les poids des atomes des corps simples dont les acides et les bases sont composés.

CHAPITRE III.

PESANTEURS SPÉCIFIQUES DES GAZ OXIGÈNE ET HYDROGÈNE.

Ce n'est que dans ces dernières années, que l'on a senti combien il était important de déterminer, d'une manière exacte, la pesanteur spécifique des gaz. Trois différentes séries d'expériences ont été offertes au public. La première, dont nous sommes redevables à MM. Biot et Arago, fut publiée dans les *Mémoires de l'Institut* (année 1806, p. 320). Ils y donnent une table de la pesanteur spécifique d'un petit nombre des gaz les plus importans, et indiquent les procédés qui leur ont servi à la déterminer. La seconde fut consignée par moi dans un mémoire que je fis insérer dans le seizième volume des *Annales de philosophie*. Ce mémoire contient les pesanteurs spécifiques de vingt-trois gaz. Les expériences furent faites avec toutes les précautions que j'ai pu imaginer pour me mettre à l'abri des erreurs; et je crois avoir approché la vérité d'aussi près que le permettent nos moyens actuels d'expérimentation. La troisième série d'expériences a été faite par MM. Berzélius et Dulong, et publiée dans les *Annales de chimie et de physique* pour 1820 (tome XVI, p. 386). Ces savans ont déterminé avec beaucoup de soin la pesanteur spécifique des gaz oxigène, hydrogène, acide carbonique et azote; et ils ont donné une

table de la pesanteur spécifique de vingt-un corps, calculée d'après ces données et conformément aux lois découvertes par M. Gay-Lussac, concernant le mode de combinaison des gaz.

Les résultats de Berzélius et de Dulong diffèrent tellement des miens, que j'en fus surpris. L'exactitude et l'habileté bien connues de ces chimistes me firent naturellement naître des doutes sur mes premiers résultats; et j'entrepris de les vérifier par de nouvelles expériences. Après un grand nombre d'essais pénibles, faits avec toute la précaution dont je suis capable, il me fut impossible de découvrir aucune erreur dans mes premières déterminations, ni de les mettre d'accord avec celles de MM. Berzélius et Dulong. Il me parut évident que je ne pourrais pas arriver plus près du but en suivant la route directe; en conséquence, j'imaginai une méthode d'opérer, qui me parut susceptible d'un degré d'exactitude, en quelque sorte illimitée. Cette méthode s'appliquait seulement à l'oxigène et à l'hydrogène à l'état de gaz; mais ces substances forment la base de l'édifice; et si leurs pesanteurs spécifiques étaient une fois déterminées avec précision, nous serions en état, au moyen de la théorie atomistique, de fixer avec exactitude les pesanteurs spécifiques de la plupart des autres gaz.

Je me propose, dans ce chapitre, de mettre sous les yeux du lecteur une suite d'expériences, qui me paraissent établir les pesanteurs spécifiques de ces deux gaz avec une telle précision, que l'erreur n'excèderait pas de beaucoup un dix-millième. L'exactitude de ce procédé ne dépend, dans le fait, que de

la délicatesse de la balance dont on fait usage pour ces sortes d'expériences; et la mienne pourrait évaluer jusqu'à un cent-millième du poids des gaz.

MM. Gay-Lussac et Humboldt ont démontré que l'eau est composée d'oxigène et d'hydrogène gazeux, dans la proportion d'un volume du premier, et de deux volumes du second. J'imaginai qu'à l'aide d'une analyse très-exacte de l'eau, on pouvait peut-être déterminer le rapport qui existe entre les volumes et les poids de ces gaz. Ces expériences furent faites au moyen du zinc; mais pour en apprécier l'exactitude, il importe de connaître la vraie composition de l'oxide de zinc. Je diviserai, en conséquence, ce chapitre en trois sections : dans la première, je déterminerai la composition de l'oxide de zinc, dans la seconde, la pesanteur spécifique du gaz oxigène; et dans la troisième, celle du gaz hydrogène.

SECTION Ire.

Composition de l'Oxide de Zinc.

Dans cette première section, je me trouve obligé d'exposer une foule de faits, qui, au premier abord, pourront paraître étrangers au sujet qui nous occupe; cependant ils sont nécessaires pour pouvoir juger la précision des conclusions que j'en déduirai. Quelques-uns des détails paraîtront minutieux, inutiles même; mais je réclame pour eux l'attention du lecteur, parce qu'ils constituent le fondement de l'édifice que je me propose d'élever.

Le zinc du commerce ne convient pas pour les expériences que je vais décrire; il n'est jamais tout-

à-fait exempt de carbone : substance qui influe matériellement sur la pesanteur spécifique du gaz hydrogène que l'on obtient en le dissolvant dans l'acide sulfurique : il contient aussi plusieurs autres métaux; en petites quantités, et ne se dissout pas complétement dans l'acide sulfurique. Le zinc dont j'ai fait usage, fut obtenu en exposant du zinc ordinaire à une chaleur blanche dans une cornue de terre, lutée à un récipient presque rempli d'eau. A cette température, le zinc est sublimé et se trouve débarrassé de toutes ses impuretés, excepté d'une trace de cadmium, trop faible pour occasioner aucune erreur sensible dans le résultat de l'expérience. Le zinc ainsi *distillé* doit être fondu dans un creuset et versé sur la surface unie et propre d'une pierre siliceuse. A l'aide de ce procédé, on obtient une feuille mince de zinc, qui se rompt facilement en petits fragmens très-convenables pour remplir le but que l'on se propose.

21,25 parties en poids de ce zinc furent introduites dans une petite cornue de verre vert, qui d'abord avait été pesée, et l'on y versa une quantité égale d'acide nitrique très-faible, mais pur, et suffisante pour dissoudre la totalité du zinc. Aussitôt que le métal fut complétement dissous, on plaça la cornue sur du sable chaud; on lui adapta un récipient, et, dès que la distillation fut terminée, on satura avec le carbonate d'ammoniaque : le liquide fut ensuite soumis pendant quelque temps à l'ébullition pour voir s'il ne contenait pas de zinc; mais aucun précipité ne se manifesta.

La cornue ainsi débarrassée de son liquide fut

placée sur un feu de charbon, et tenue pendant environ une heure à une chaleur rouge peu intense. Le nitrate de zinc fut ainsi complétement décomposé; l'acide nitrique se dissipa, et il ne resta que les 21,25 de zinc converti en oxide, dont le poids se trouva 5; ainsi il paraît que l'oxide de zinc se compose de

Zinc. . . .	21,25
Oxigène. . . .	5 »
	26,25

ou divisant par 5 chaque composant pour ramener à la plus simple expression, on a

Zinc . . .	4,25
Oxigène. . . .	1 »
	5,25

Comme le zinc ne se combine avec l'oxigène que dans une proportion, il est raisonnable de conclure que l'oxide est composé d'un atome de zinc et d'un atome d'oxigène. Si l'on admet cette supposition, il est évident que l'atome de zinc est quatre fois et un quart plus pesant que l'atome d'oxigène : et si nous représentons le poids de l'atome d'oxigène par l'unité, alors le poids de l'atome de zinc sera 4,25, et la particule intégrante d'oxide de zinc pèsera 5,25; ou en d'autres termes, 5,25 d'oxide de zinc satureront exactement une particule intégrante de tout acide avec lequel il est susceptible de se combiner. Cette loi s'applique à tous les acides; mais pour le moment je la vérifierai à l'égard de trois seulement;

savoir : les acides sulfurique, carbonique et arsénique. On verra dans les sections 1re, 5e et 7e du sixième chapitre de cet ouvrage, que les poids des atomes de ces acides sont.

Acide sulfurique. . . .	5
Acide carbonique . .	2,75
Acide arsénique.. . .	7,75

Or 5,25 d'oxide de zinc satureront exactement 5 d'acide sulfurique, 2,75 d'acide carbonique, et 7,75 d'acide arsénique ; ou, en d'autres termes, les sulfate, carbonate et arséniate de zinc, en les supposant anhydres, sont composés ainsi qu'il suit :

1. SULFATE DE ZINC.

Acide sulfurique. . .	5
Oxide de zinc . . .	5,25

2. CARBONATE DE ZINC.

Acide carbonique . .	2,75
Oxide de zinc. . . .	5,25

3. ARSÉNIATE DE ZINC.

Acide arsénique . . .	7,75
Oxide de zinc. . . .	5,25

En analysant scrupuleusement ces trois sels, nous allons chercher à vérifier ce que nous venons de dire relativement à leurs compositions.

1. SULFATE DE ZINC.

Le sulfate de zinc, ou vitriol blanc, est un sel très-connu, qui cristallise en prismes quadrangulaires

terminés par des pyramides à quatre faces ; ou si la cristallisation est rapide, il prend la forme de longues et minces aiguilles blanches. Quel que soit le soin avec lequel on le prépare, ce sel rougit toujours les couleurs bleues végétales. Mais il cristallise aussi avec un excès d'acide ; dans ce cas, les cristaux prennent la forme de grands rhomboïdes aplatis, qui ne s'altèrent point par l'exposition à l'air, et peuvent supporter une température au moins de 260° c, sans perdre leur excès d'acide (1).

18,125 parties de sulfate de zinc neutre furent dissoutes dans de l'eau distillée, et précipitées par une dissolution de carbonate de soude ; le précipité fut séparé du liquide au moyen d'un double filtre, fait de deux morceaux de papier non collé, de poids égal et bien lavés : le carbonate de zinc fut lavé sur le filtre avec de l'eau distillée ; jusqu'à ce que le liquide ne troublât plus la dissolution de muriate de baryte. Le filtre fut suspendu dans un sac de toile au-dessus d'un bain de sable à la température de 30° c. ; et quand il parut sec, on l'exposa pendant quelque temps à une température de 100° c. On le pesa ensuite, en plaçant chacun des filtres dans les plateaux opposés de la balance ; et on ajouta des poids, jusqu'à ce que

(1) Je doute que ce sel constitue véritablement une espèce distincte. Je trouve sa composition de

1 ⅓	atome d'acide . . .	6,66
[illegible]	atome d'oxide . . .	5,25
8	atomes d'eau . . .	9,00
		20,91

ou bien il consiste en 1 atome de protohydrate d'acide sulfurique combiné avec trois particules intégrantes du sel neutre.

l'équilibre fût parfaitement rétabli. Le poids du carbonate de zinc était exactement 8. On le mit dans un creuset de platine garni de son couvercle, et on l'exposa pendant une demi-heure à une chaleur rouge. Il resta 5,25 parties d'oxide de zinc.

Ainsi il paraît que 18,125 parties de sulfate de zinc cristallisé contiennent 5,25 parties d'oxide de ce métal. Il est encore plus aisé de prouver que l'acide sulfurique, contenu dans cette quantité de sel, pèse précisément 5.

Mais il est nécessaire d'établir d'abord, que quand 15,5 parties de muriate de baryte cristallisé sont chauffées au rouge, ce sel perd 2,25 parties de son poids, et se trouve converti en 13,25 parties de chlorure de barium. Mais quand 13,25 de chlorure de barium sont dissous dans l'eau, la solution contient juste 9,75 parties de baryte. Or, 9,75 représentent le poids de l'atome de baryte, qui exige pour sa saturation exactement 5 parties d'acide sulfurique; et 14,75 parties de sulfate de baryte contiennent juste 5 parties d'acide sulfurique.

On mit un peu d'eau distillée dans deux petites éprouvettes en verre. Dans l'une on fit dissoudre 18,125 parties de sulfate de zinc cristallisé, et dans l'autre 13,25 parties de chlorure de barium. Les deux liquides étant mêlés, une double décomposition eut lieu, et le sulfate de baryte fut précipité sous la forme d'une poudre blanche. Ce précipité étant recueilli, lavé, séché et chauffé au rouge, pesait 14,75 parties, et par conséquent contenait exactement 5 parties d'acide sulfurique. Quelques gouttes

du liquide incolore d'où ce sulfate avait été précipité furent mises dans un verre de montre, et on y mêla une légère quantité de muriate de baryte; mais la liqueur ne se troubla point et ne devint même pas opale; ce qui indique qu'elle ne contenait aucune quantité sensible d'acide sulfurique; car je trouve qu'un grain (64,75 milligramm.) de sulfate de soude (contenant $\frac{1}{0,1469}$ d'acide sulfurique) dissous dans 750 grammes d'eau, précipite sensiblement par l'hydrochlorate de baryte : d'où il est évident que, dans cette expérience, la quantité d'acide sulfurique restant dans le liquide ne pouvait pas monter à $\frac{64}{4072}$ milligr. Et, en effet, comme la quantité de liquide n'a jamais monté à 50 grammes, l'acide sulfurique restant en solution ne pouvait pas s'élever même à $\frac{64}{48,6664}$ milligr.

Une autre portion du liquide étant mêlée avec du sulfate de soude, n'en a point été troublée, ce qui fait voir qu'il ne contenait aucune portion de baryte. Ainsi il paraît que la baryte de 13,25 parties de chlorure de barium ou 15,5 parties d'hydrochlorate de baryte, saturent l'acide sulfurique de 18,125 de sulfate de zinc; le poids de cet acide est donc 5.

Nous voyons donc que dans le sulfate neutre de zinc, 5,257 parties de l'oxide sont combinées avec 5 parties de l'acide : ce qu'il fallait prouver. Ces deux parties constituantes ajoutées ensemble font 10,25, qui, soustraits de 18,125, laisseront 7,875 pour la quantité d'eau de cristallisation. Je ferai voir plus tard que c'est l'équivalent de 7 atomes d'eau : la

composition du sulfate de zinc cristallisé est donc

1 Atome acide sulfurique. .	5
1 Atome oxide de zinc . .	5,25
7 Atomes d'eau	7,875
	18,125

en sorte que 18,125 est le poids d'une particule intégrante du sel cristallisé. C'est parce que je savais cela d'avance, que j'ai été porté à opérer sur 18,125 parties de ce sel. Mes premières expériences furent faites sur des quantités beaucoup plus considérables; je les ai souvent répétées avec 18,125 parties, et j'ai obtenu le résultat que je viens d'annoncer.

Si la dissolution du sulfate neutre de zinc est trop concentrée, elle dépose, étant encore chaude, une croûte opaque sur le fond du vase. Cette croûte est très-blanche, n'est pas aussi soluble dans l'eau que les cristaux du même sel, et ne présente pas la moindre apparence de cristallisation. Cette substance est neutre, quoiqu'elle rougisse les couleurs bleues végétales comme le sel précédent : en l'analysant de la même manière que le sulfate cristallisé, je l'ai trouvée composée de

1 Atome acide sulfurique. .	5 »
1 Atome oxide de zinc . .	5,25
3 Atomes d'eau	3,375
	13,625

De telle sorte que sa particule intégrante pèse 13,625, et ne diffère du sel cristallisé que par la quantité d'eau, qui n'y entre que pour 3 atomes, au lieu de 7.

Le vitriol blanc des Allemands appartient à ce

dernier sel; tandis que le sulfate de zinc manufacturé en Angleterre appartient au premier. Le vitriol blanc allemand contient 24,77 pour 100 parties d'eau; le sulfate de zinc anglais en contient 43,44 pour 100.

2. CARBONATE DE ZINC.

Une expérience rapportée en donnant l'analyse du sulfate de zinc, suffit pour montrer la proportion d'acide carbonique qui se combine avec 5,25 parties d'oxide de zinc; car 18,125 sulfate de zinc, étant décomposés par le carbonate de soude, donnèrent un précipité qui, après avoir été bien lavé et séché à la température de 100 c. pesait 8 parties, lesquelles, exposées à une chaleur rouge, furent réduites à 5,25 d'oxide de zinc pur, d'où je conclus que l'acide carbonique dégagé pesait 2,75. Ainsi le carbonate de zinc, comme nous l'avons dit plus haut, est composé de zinc 2,25, et acide carbonique 2,75.

Quand le carbonate de zinc est séché à l'air libre, sans l'exposer à une chaleur artificielle, je l'ai obtenu composé de :

1 Atome acide carbonique. .	2,75
1 Atome oxide de zinc . .	5,25
2 Atomes d'eau	2,25
	10,25.

de sorte que sa particule intégrante pèse 10,25. Mais l'eau se dissipe très-aisément et même si aisément, qu'il n'est pas facile de sécher ce carbonate sans perdre au moins une portion de l'eau. Je suis

parvenu cependant plusieurs fois à l'obtenir avec ses proportions atomistiques exactes.

On trouve le carbonate de zinc dans la nature, quelquefois anhydre, et quelquefois contenant un atome d'eau.

3. ARSÉNIATE DE ZINC.

J'ai obtenu ce sel par le procédé suivant : 18,125 parties de sulfate de zinc cristallisé et 20,75 d'arséniate de soude furent dissoutes dans des quantités séparées d'eau distillée : les deux dissolutions, après avoir été bien mêlées, furent évaporées jusqu'à siccité, et la masse desséchée fut mise en digestion dans de l'eau distillée. Il se fit une double décomposition, et l'arséniate de zinc se sépara sous l'apparence d'une matière gélatineuse, qui, lorsqu'elle fut lavée et séchée à l'air libre, se réduisit en une poudre blanche pesant 26,5; mais lorsqu'elle eut été chauffée au rouge, le poids ne fut plus que de 13. En faisant soigneusement l'analyse de ce sel, j'ai trouvé qu'il contient :

1 Atome acide arsénique. . .	7,75
1 Atome oxide de zinc . .	5,25
8 Atomes d'eau. . . .	9,0
	22, 0

Il serait aisé d'augmenter le nombre de ces exemples; mais ceux que je viens de donner suffisent pour montrer que le poids de l'atome d'oxide de zinc est 5,25, et qu'il est composé de 4,25 zinc et 1 oxigène : et comme pour le moment c'était là ce

qu'il était essentiel de démontrer, nous ne pousserons pas plus loin nos recherches.

SECTION II.

Pesanteur spécifique du gaz oxigène.

Différens chimistes ont indiqué la pesanteur spécifique de ce gaz. La table suivante montre les déterminations sur lesquelles on croit le plus généralement pouvoir compter.

1,114. SAUSSURE, *Ann. de chimie*, LXXI, pag. 269.
1,103. BIOT et ARAGO, *Mém. de l'Institut*, 1806, p. 320.
1,089. ALLEN et PEPYS, *Transact. philosop.*, 167. p.
1,1117. THOMSON, *Annals of philosophy*, XVI, p. 1807.
1,1026. BERZÉLIUS et DULONG, *Annales de chimie et de physique*, XV, p. 386.

Il serait impossible de décider laquelle de ces déterminations mérite la préférence; les expériences ont toutes été faites avec soin, et sans doute on a pris les précautions nécessaires pour avoir le gaz à l'état de pureté. Je vais faire connaître les tentatives que j'ai faites pour déterminer la pesanteur spécifique du gaz oxigène, par une méthode tout-à-fait différente.

On mit 100 grains (6,475 gram.) de zinc distillé dans une petite cornue presque remplie d'un mélange d'une partie d'acide sulfurique et de quatre parties d'eau distillée. Le bec de la cornue fut immédiatement plongé dans une cuve hydropneumatique, et le gaz hydrogène qui se dégageait fut reçu

dans un tube gradué. Après un intervalle de vingt-quatre heures, lorsque tout le zinc était depuis long-temps dissous, et que l'appareil et son contenu eurent acquis la température du lieu où l'on opérait, l'hydrogène dégagé fut mesuré. L'expérience, deux fois répétée, a donné pour résultat dans les deux cas exactement la même quantité de gaz. Le thermomètre pendant ces deux opérations était à 8°,89 c.; le baromètre pendant la première expérience était à 30 p. (0^m76), et pendant la seconde à 29,6 p. (0^m7492).

Le volume du gaz dégagé dans la première expérience fut de 137,08 p. c. (2244,602 cent. c.); dans la seconde expérience, 100,18 grains (6,675 grammes); de zinc furent dissous, et le volume du gaz dégagé fut 139,284 p. c. (2277,375 cent. c.) Or, si nous faisons les corrections nécessaires pour la hauteur du baromètre et le surplus de zinc dissous, la quantité du gaz dégagé se réduit à 137,08 p. c. (2244,602 cent. c.), comme dans la première expérience.

Ces deux résultats nous donnent le volume du gaz hydrogène dégagé pendant la dissolution de 100 grains (6,475 gram.) de zinc dans l'acide sulfurique étendu. Mais ce gaz était saturé d'humidité à la température de 8°,89 c.; s'il eût été sec, son volume aurait été seulement 135,4755 p. c. (2220,022 c. cub.) (1): or, à la température de 15,56° c., 135,4755

(1) soit p = la pression de l'atmosphère = $0^m,76$.
f = l'élasticité de la vapeur à 8°,89 c. = 08,775.
x = volume de gaz sec à 8°,89 c.

p.c. donnent 138,7551 p. cub.[1] (ou 2256,892 cent.c.)

Ainsi il paraît que quand 100 grains (6,475 gram.) de zinc sont dissous dans de l'acide sulfurique étendu, supposant le baromètre à $0^{m}76$, et le thermomètre à 15° 56 c., la quantité d'hydrogène qui se dégage (ce gaz étant parfaitement sec) s'élève à 138,7551 p. cub. (2220,022 cent. cub.) Mais il y a long-temps que Lavoisier a démontré que le gaz hydrogène qui se dégage dans cette opération provenait de l'eau dans laquelle l'acide sulfurique était étendu : qu'une portion de cette eau est décomposée : que son oxigène s'unit au zinc et le convertit en oxide, tandis que l'hydrogène s'échappe à l'état de gaz. Donc, l'autre partie constituante de l'eau, l'oxigène, s'est unie au zinc. Mais s'il était à l'état de gaz, nous savons que son volume serait juste la moitié de celui de l'hydrogène, ou 69,3775 p.c. (1110,011 c.c.) Ainsi il paraît que 100 grains (6,475 grammes) de zinc, pour se convertir en oxide, s'unissent à 69,3775 p.c. (1110,011 cent. cub.) de gaz oxigène.

Dalton a montré que

$$\frac{p\,x}{p-f} = 137{,}08\ (2244{,}602\ \text{c. c.}).\qquad \text{conséquemment}$$

$$x = \frac{137{,}08\,p - 137{,}08\,f}{p}$$ et substituant les valeurs de p f

on a $x = 135{,}4755$ po. cub. $= 2220{,}022$ cent. cub.

(1) Nous savons par les expériences de M. Gay-Lussac que l'air et tous les gaz augmentent du volume de 0,00375 pour chaque degré du thermomètre. De là il suit que à 15°56 c., le gaz est $\frac{12}{0{,}00371}$ plus grand qu'à 8° 89 c. ajoutant les $\frac{12}{0{,}00371}$ de 2220,022 à cette même somme, on retrouve le nombre ci-dessus 2256,892 cent. cub. (138,7551 p. cub.)

Mais d'après les faits établis dans la dernière section, il est évident que 100 grains de zinc (6,475 gm.) s'unissent avec 23,5294 d'oxigène; d'où nous pouvons conclure que le poids de 69,3775 po. cub. (1110,011 cent. cub.) d'oxigène est de 23,5294 grains (1,513,37 milligrm.), conséquemment 100 p. cub. (1638,648 cent. c.) pèsent 33,915 grains (2184,75 milligrm.) (1).

D'après les expériences de sir George Shuckburgh Evelyn, nous voyons que 100 pouces cubes d'air commun, sous la pression et à la température précédemment établies, pèsent 30,5 grains (2); et la pesanteur spécifique de l'air étant toujours prise comme unité, il est évident que la pesanteur spécifique de l'oxigène doit être 1,1111, puisque ce nombre exprime la différence de poids de volumes égaux d'air et de gaz oxigène (3).

Ainsi, nous avons obtenu par un procédé très-simple, et qui ne semble pas susceptible d'aucune incertitude, la même pesanteur spécifique que le Dr Prout a déduite de la supposition, que l'air est un mélange de quatre volumes de gaz azote, et d'un volume de gaz oxigène; supposition que j'ai adoptée dans la dernière édition de mon *Système de chimie*, et dans mon *Essai sur la pesanteur spécifique des*

(1) 4,25 de zinc s'unit avec 1 d'oxigène et 4,25 : 1 : : 100 : 23,5294.

(2) Car 69,3775 : 23,5294 : : 100 : 33,915.

(3) Car 30,5 : 33,915 : : 1 : 1,1111 à peu près. Nous sommes obligés d'employer les nombres de l'auteur pour conserver ses résultats proportionnels. On voit que le décimètre cube d'air à 0m de température et le baromètre à 0m76, pèse 1g2991.

(*Note du traducteur.*)

gaz. Si nous comparons le tableau qui est au commencement de cette section, avec la pesanteur spécifique que nous venons de trouver, nous verrons que les résultats indiqués par les différens expérimentateurs sont les uns trop élevés, les autres trop faibles, ainsi le résultat obtenu par

de SAUSSURE est trop élevé de	$\frac{1}{370}$
Celui de BIOT et ARAGO, trop bas de	$\frac{1}{39}$
Celui de ALLEN et PEPYS, trop bas de	$\frac{1}{13}$
Celui de THOMSON, trop élevé de	$\frac{1}{1812}$
Celui de BERZÉLIUS et DULONG, trop bas de	$\frac{1}{130}$

Il paraît que Biot, Arago, Allen et Pepys, ont pris la pesanteur spécifique de l'oxigène qui était sur l'eau, et par conséquent saturé d'humidité. Supposons que la température à laquelle leurs expériences ont été faites, était 15° 56 c., et voyons quelle influence la présence de l'humidité doit avoir sur la pesanteur spécifique du gaz.

Soit p = la pression de l'atmosphère = 30 p. (= 0m 76).
f = élasticité de la vapeur à 15° 56 c. = 0,524 p. (13,212mm).
a = pes. spéc. de l'oxigène sec = 1,1111.
b = pes. spéc. de la vapeur à 15° 56 c. (0,00772.)
x = pes. spéc. de l'oxigène humide à 15° 56 c.

On sait que

$$x = \frac{p-f}{p}(a+b) = 1,0992.$$

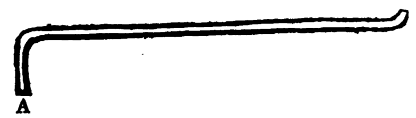
Ce nombre est à peu près une moyenne entre les résultats de Biot et Arago, et ceux de Allen et de Pepys; l'erreur de Saussure et la mienne étant en excès, ne peuvent s'expliquer que par une faute

commise en pesant. Mon poids cependant est exact autant que ma balance a pu me le donner. La quantité d'oxigène pesée montait à 20 grains (1,295 milligrammes), et le plus petit poids que j'ai employé était $\frac{1}{100}$ de grain (0,645 milligr.m). J'ai donc pu me tromper de $\frac{1}{2000}$. Je pouvais compter sur les trois premières décimales, mais point sur la quatrième, ce qui me ferait croire que celle-ci était trop élevée.

SECTION III.

Pesanteur spécifique de l'hydrogène.

Je pris un matras de verre mince, à fond plat, avec un col cylindrique étroit, dans lequel l'extrémité d'un tube recourbé fut ajustée à l'émeril, de manière à ce qu'il bouchât exactement. La capacité du matras était d'environ dix-huit pouces cubes (294,956 cent. cub.); le tube avait dix-huit pouces de long (457,194mm.), et le diamètre de sa cavité intérieure avait à peu près $\frac{1}{5}$ de pouce (5mm.); ses deux extrémités étaient courbées presque à angles droits, et en sens opposé, à peu près comme dans cette figure



A représente le bout ajusté à l'émeril dans le goulot du matras. La totalité de la longueur de cette espèce de tube fut remplie de petits fragmens de muriate de chaux fondu, à l'exception des deux extré-

mités qui furent bourrées d'amianthe, afin de maintenir le muriate de chaux en place. Ce matras fut presque rempli d'un mélange d'acide sulfurique et d'eau distillée, dans la proportion de quatre parties d'eau contre une d'acide. On le pesa exactement au moyen d'une excellente balance, et le poids du tube avec le muriate de chaux fut aussi déterminé à part. J'introduisis alors dans le matras, aussi rapidement qu'il fut possible, un poids connu de zinc distillé, en fragmens; le tube avec le muriate de chaux fut fixé dans le goulot du matras, lequel fut immédiatement plongé jusqu'au col dans une grande cuve d'eau à la température de 8°,89 c., et laissé dans cette situation jusqu'à ce que tout le zinc fût dissous. Le matras fut alors essuyé, placé dans la balance, et la perte du poids qu'il avait éprouvée fut notée; en même temps on détermina l'augmentation du poids du tube, rempli de muriate de chaux.

Mon but, en opérant ainsi, était de m'assurer du poids d'un volume donné d'hydrogène, car les expériences rapportées dans la dernière section font connaître quel est le volume de ce gaz qui se dégage pendant la dissolution d'un poids connu de zinc. Cette expérience présenta tant de difficultés imprévues, que je fus obligé de la répéter dix fois, avant d'avoir pris toutes les précautions nécessaires pour en assurer le succès. A moins que le gaz ne soit dégagé très-lentement, le muriate de chaux ne le sèche pas suffisamment; et dans le fait, je n'ai jamais pu le priver complétement d'humidité: mais un calcul très-simple me donna le poids de la vapeur qu'il retenait. La température du liquide doit être maintenue aussi basse que

possible, non-seulement pour modérer l'effervescence, mais pour empêcher que le gaz n'entraîne de l'acide sulfurique. Quand le matras restait exposé à l'air, la température continuait de s'élever pendant plus d'une heure après l'opération commencée. Dans une expérience, elle monta de 10° c. à 30°,56; dans une autre, de 8°,89 à 27°,22 c. : plus les quantités sur lesquelles j'opérais étaient considérables, et plus l'expérience était précise ; mais malheureusement ces quantités étaient très-limitées, à cause du peu de capacité de mon appareil.

Il me suffira de rapporter une expérience, dans laquelle j'ai pris toutes les précautions qu'il m'a été possible d'imaginer ; et j'ai lieu de croire qu'elle a été très-exacte.

La quantité de zinc dissoute fut de 143 grains (9,194 gram.); l'effervescence dura 24 heures ; la température ne dépassa jamais 9°,44 c. ; le baromètre était à 0m,76, et le thermomètre à 9° 44 c.; la perte de poids s'éleva à 4,3 grains (378,21 milligrammes).

Le rapport sera plus facile à saisir, si nous supposons qu'on a employé seulement 100 grains (6,475 gram.) de zinc. Dans ce cas, la perte de poids aurait été 3 grains (194,25 milligram.); et le tube contenant le muriate de chaux aurait augmenté en poids de 0,163 grains (11,54 milligrm.).

D'après les expériences rapportées dans la dernière section, on peut conclure que le volume de gaz hydrogène, dégagé pendant la dissolution de 100 grains (6,475 gram.) de zinc, se monte à 136,88 pouces cubes (2241,96 centim. cub.), sup-

136,88 pouces cubes (2241,96 cent. cub.), supposant le baromètre à $0^m,76$, et le thermomètre à 9°, 44 centigr.

La pesanteur spécifique de la vapeur à 9°,44 cent., sous une pression de $0^m,76$, est de 0,00533; et le poids de la vapeur contenue dans 136,88 pouc. cub. (2241,96 centim. cub.) de gaz humide, est 0,2225 grain (10,377 millig.); mais l'humidité retenue par le muriate de chaux était seulement de 0,163 grain (10,554 millign.): il est évident, d'après cela, que l'hydrogène conservait encore 0,059 grain (3,720 milligr.) d'humidité.

Si de la perte de poids, montant à 3 gr. (194,25 millig.), on soustrait ces 0,059 grain (3,720 millig.) d'humidité, le restant, 2,941 gr. (191,60 milligr.) donne le véritable poids de l'hydrogène dégagé, en le supposant parfaitement sec. Or, d'après les expériences rapportées dans la dernière section, nous savons que le volume de ce gaz sous la pression atmosphérique $0^m,76$, et à la température de 15°,56 c., est de 138,7551 po. cub. (2273,69 cent. cub.).

Ainsi il paraît que 138,7551 p. c. (2273,69 c. c.) de gaz hydrogène sec, le baromètre étant à $0^m,76$, et le thermomètre à 15°,56 c., pèse 2,941 grains (190,429 gram.); conséquemment 100 po. cub. (1638,64 cent. cub.) pèsent 2,119 gr. (137,205 gr.) Mais nous avons vu dans la dernière section que 100 po. cub. (1638,64 c. c.) d'oxigène pèsent 33,915 grains; or

$$2,119 : 33,915 :: 1 : 16,005.$$

Ce résultat approche tellement du rapport de 1 à 16,

que la pesanteur spécifique de l'oxigène est sans aucun doute juste 16 fois plus considérable que celle de l'hydrogène; donc, la pesanteur spécifique de l'hydrogène est $\frac{1,1111}{16}$, ou 0,0694, ou exactement la pesanteur spécifique que le Dr Prout avait obtenue par d'autres recherches, et à laquelle j'ai été moi-même conduit à l'aide de l'expérience, comme on peut le voir dans mon *Essai sur la pesanteur spécifique des gaz*.

Une expérience de Berzélius et de Dulong confirme encore que le rapport qui existe entre les pesanteurs spécifiques de l'oxigène et de l'hydrogène est de 16 à 1. Dans cette opération, on fit passer de l'hydrogène sec à travers un poids donné d'oxide de cuivre chauffé au rouge; l'eau qui se forma fut recueillie au moyen du chlorure de calcium sec : la perte de poids que subit l'oxide de cuivre donna le poids de l'oxigène de l'eau formée, tandis que celui de l'hydrogène fut indiqué par la différence entre le poids de l'eau et celui de l'oxigène. Le terme moyen de trois essais donna pour l'oxigène 889, et pour l'hydrogène 111. Or 111 : 889 : : 1 : 8,009; et comme l'eau est composée de 2 volumes d'hydrogène et 1 d'oxigène, il s'ensuit que la pesanteur spécifique de l'hydrogène est à celle de l'oxigène, comme 1 : 16,018. (*Annales de physique et de chimie*, tom. XVe, pag. 389.)

Dans mon expérience, la pesanteur spécifique de l'oxigène était 16,005 plus grande que celle de l'hydrogène : quantité qui est un peu au-dessous de la valeur obtenue par Berzélius et Dulong. En prenant la moyenne des deux résultats (laquelle doit approcher beaucoup de la vérité), nous aurons le rapport de la

pesanteur spécifique de l'hydrogène, à celle de l'oxigène, comme 1 : 16,011. Je ferai voir dans le cinquième chapitre de cet ouvrage, que la vraie pesanteur spécifique de l'oxigène est 1,1111 (1).

Le tableau suivant donne les pesanteurs spécifiques de l'hydrogène les plus récemment obtenues par des expériences.

BIOT et ARAGO . .	0,0732
THOMSON . . .	0,0694
BERZÉLIUS et DULONG . .	0,0688

Il est évident que si nous comparons ces nombres avec celui que je viens d'assigner à la pesanteur spécifique du gaz hydrogène, et qui doit être extrêmement près de la vérité, il est évident, dis-je, que l'estimation de Biot et Arago est trop élevée de $\frac{1}{18}$; et celle de Berzélius et Dulong trop basse de $\frac{1}{115}$; tandis que mes résultats, probablement par quelque heureux hasard, sont parfaitement exacts, sous tous les rapports.

(1) Je dois dire que mon matras rempli de zinc et d'acide sulfurique affaibli, pesait environ 3000 grains (195 gr. à peu près), et que le poids du tube rempli de muriate de chaux était d'environ 1000 grains (à peu près 65 gram.) : mes balances, chargées du double de ce poids, étaient sensibles à $\frac{1}{200}$ de grain (environ 0,032 milligram.). Je crois, d'après cela, que les décimales que je donne sont poussées assez loin pour exprimer exactement la pesanteur spécifique de l'hydrogène. J'ai pesé moi-même, afin de m'assurer de l'exactitude de mes balances, à $\frac{1}{100}$ de grain près (environ 0,064 milligr.).

Berzélius et Dulong ont déterminé la composition de l'eau par une expérience à peu près semblable. Mais leur résultat ne s'accorde pas exactement avec le mien : je ne puis donc pas établir de comparaison, puisque ces chimistes n'indiquent point le degré de sensibilité de leur balance.

L'eau étant un composé de 1 volume d'oxigène et de 2 volumes d'hydrogène, il est évident qu'elle est formée en poids, de 8 parties d'oxigène et 1 partie d'hydrogène. Il ne peut pas y avoir de doute que l'eau ne soit un composé neutre qui consiste en un atome d'oxigène uni à une quantité atomistique déterminée d'hydrogène : cependant les chimistes ne s'accordent point encore sur le nombre des atomes de ce dernier gaz. Sir H. Davy et le professeur Berzélius pensent que l'hydrogène entre dans cette composition pour 2 atomes, parce qu'il y a 2 volumes de ce gaz unis à 1 volume d'oxigène : et que les volumes de ces corps gazeux représentent des atomes. D'un autre côté, M. Dalton, le Dr Wollaston, le Dr Prout, et même le plus grand nombre des chimistes, regardent l'eau comme étant composée de 1 atome d'oxigène et 2 atomes d'hydrogène ; ils fondent leur opinion sur le fait bien connu, que ces deux gaz ne peuvent s'unir directement dans une proportion différente de celle dans laquelle ils existent dans l'eau.

Si l'eau contient seulement 1 atome d'hydrogène, le poids de l'atome de cette substance sera évidemment $\frac{1}{8}$ de celui de l'atome d'oxigène, ou 0,125 ; mais si ce liquide contient 2 atomes d'hydrogène, alors le poids de l'atome de ce gaz sera seulement 0,0625. Il importe peu que ce soit l'une ou l'autre de ces opinions que l'on adopte. Cependant, si nous passons en revue les divers composés dans lesquels entre l'hydrogène, nous balancerons peu à prendre 0,125 pour le poids de son atome. J'indiquerai ici quelques-uns de ces composés, et dans les autres chapitres de cet ouvrage, je ferai voir au lecteur

l'évidence des faits qui viennent d'être énoncés.

I. On sait maintenant que l'oxigène et l'hydrogène s'unissent dans 2 proportions. L'eau contient la plus petite quantité d'oxigène, tandis que le deutoxide d'hydrogène, découvert par Thénard, en contient la plus grande. Voici quelle est la composition de ces corps :

	OXIGÈNE.		HYDROGÈNE.
Eau.	1	+	0,125
Deutoxide d'hydrogène . . .	2	+	0,125

D'après cette manière de représenter les parties constituantes, l'eau est composée de 1 atome d'oxigène et 1 atome d'hydrogène, et le deutoxide, de 2 atomes d'oxigène et 1 atome d'hydrogène. Mais si nous adoptons les idées de Berzélius, alors nous aurons

	OXIGÈNE.		HYDROGÈNE.	
Eau	1	+	0,0625 × 2	ou 2 atomes.
Deutoxide d'hydrogène.	1	+	0,0625	ou 1 atome.

ou, en d'autres termes, l'eau est composée de 1 atome oxigène et 2 atomes hydrogène, et le deutoxide, de 1 atome oxigène et 1 atome hydrogène. Maintenant, ne serait-ce point une anomalie singulière, que ce liquide, qui se décompose avec tant de difficulté, contînt 1 atome d'oxigène uni à 2 atomes d'hydrogène; tandis que le deutoxide, qui abandonne si facilement la moitié de son oxigène, serait composé de 1 atome d'oxigène uni à 1 atome d'hydrogène? Il n'en est pas ainsi dans la plupart des autres composés. Par exemple, on peut priver le bisulfate de

potasse de la moitié de son acide sulfurique, en l'exposant à une forte chaleur rouge; tandis que l'autre moitié (celle qui constitue le sel neutre, avec la potasse) résiste à la plus haute température que nous puissions lui appliquer.

II. L'hydrogène s'unit avec l'azote, le carbone, le phosphore et le soufre aussi bien qu'avec l'oxigène, et se combine avec quelques-uns de ces corps, dans diverses proportions; dans aucun d'eux néanmoins il n'est jamais au-dessous de 0,125. Or, il serait fort extraordinaire que jamais moins de 2 atomes de cette substance ne puissent s'unir avec 1 atome des autres corps. La table suivante donne la composition d'une variété de corps contenant de l'hydrogène.

				HYDROGÈNE.
Ammoniaque, composé de	1,75	azote	+	0,125 × 3
Gaz oléfiant	0,75	carb.	+	0,125
Hydrogène carburé . . .	0,75	—	+	0,125 × 2
Hydrogène phosphoré . .	1,5	phosph.	+	0,125
Bihydrogure de phosphore .	1,5	—	+	0,125 × 2
Hydrogène sulfuré . . .	2	soufr.	+	0,125

Les nombres 1,75, 0,75, 1,5 et 2 dans l'hypothèse où l'atome d'oxigène est pris pour unité, représentent les poids respectifs des atomes de l'azote, du carbone, du phosphore et du soufre. Il est évident, d'après ce tableau, que la plus petite quantité d'hydrogène qui s'unit avec 1 atome d'azote, de carbone, de phosphore et de soufre, est 0,125 : or, si 0,0625 était le poids de l'atome d'hydrogène, comment arriverait-il qu'il ne s'unît jamais avec ces corps en si petite quantité?

Mais si 0,125 est le poids de l'atome d'hydrogène

et 1 celui de l'atome d'oxigène, puisque l'eau est composée de 1 d'oxigène et de 0,125 d'hydrogène, et qu'elle contient en même temps 1 volume d'oxigène et 2 volumes d'hydrogène, on peut en tirer cette conséquence, que 1 volume d'oxigène contient deux fois autant d'atomes que 1 volume d'hydrogène; en telle sorte que, si nous représentons 1 atome d'hydrogène par 1 volume, nous devons représenter 1 atome d'oxigène par un demi-volume.

Il est évident que le poids d'une particule intégrante d'eau est 1,125; et ce poids ne doit point changer, soit que nous le considérions comme composé de 1 atome oxigène et de 1 atome hydrogène, ou de 1 atome oxigène et 2 atomes hydrogène; car, dans l'une et l'autre hypothèse, la quantité atomistique de l'hydrogène doit être représentée par 0,125.

CHAPITRE IV.

POIDS DES ATOMES, ET PESANTEURS SPÉCIFIQUES DU CHLORE ET DE L'IODE.

Ces deux substances se ressemblent sous tant de rapports, qu'elles doivent être rangées dans la même classe. Leur analogie avec l'oxigène est aussi très-évidente, bien que cependant elles diffèrent dans quelques circonstances, et entre autres par la propriété qu'elles ont de s'unir avec l'oxigène pour former un acide qui, à plusieurs égards, a une grande ressemblance avec l'acide nitrique. Je traiterai de chacun de ces corps dans une section particulière.

SECTION I.

Poids de l'atome du chlore, et pesanteur spécifique de ce gaz.

On a démontré que le gaz acide muriatique est composé de volumes égaux de chlore et d'hydrogène à l'état de gaz, unis sans aucune altération de volume. De là il résulte que, connaissant la pesanteur spécifique du chlore gazeux sec à la température de 15°,56, et sous la pression de $0^{m},76$, nous aurons le rapport entre les poids des atomes du chlore et de l'hydrogène.

J'ai successivement pris pendant trois fois la pe-

santeur spécifique de ce gaz : je l'ai toujours trouvée de 2,500 (*Annals of philosophy*, XVI, p. 169); et plusieurs autres raisons m'ont porté à croire que cette évaluation était une valeur fort approchée. Il suffira de mentionner les suivantes :

I. J'ai trouvé, comme terme moyen de trois expériences, que la pesanteur spécifique du gaz acide muriatique était 1,284366. Or, la pesanteur spécifique de ce gaz est une moyenne entre la pesanteur spécifique du chlore et celle de l'hydrogène. Soit

x = pes. spéc. du chlore.
a = pes. spéc. de l'hydrogène.

Nous aurons $\frac{x + a}{2} = 1,284366$; et en conséquence

$$x = 2,568733 - 0,0694 = 2,499333.$$

Or, 2,499333 est seulement de $\frac{1}{3751}$ moindre que 2,5 : coïncidence entre les deux expériences, qui est aussi rapprochée que puisse le permettre la nature de l'appareil employé.

II. M. Gay-Lussac, dans une table insérée dans le premier volume des *Annales de chimie et de physique*, établit la pesanteur spécifique du chlore à 2,470. En supposant que ses expériences aient été faites avec du gaz préparé sur l'eau, comme il n'y a pas de doute, son résultat approche très-près du mien, si nous estimons la pesanteur spécifique du gaz sec; ce dont on peut se convaincre par le calcul suivant qui est très-simple : soit

x = pes. spéc. du gaz chlore sec.
u = pes. spéc. de la vapeur à 15°,56 c. = 0,00772.
p = pes. de mercure (0^{m}76).
p = élasticité de la vapeur à 15°,56 c. = 0,524.

alors

$$\frac{p-f}{p}(x+a) = 2,47$$

la solution de cette équation nous donne $x = 2,507$. Ainsi, il paraît que si M. Gay-Lussac a fait ses expériences à la température de 15°,56, la vraie pesanteur spécifique de son gaz chlore était 2,507. Si la température (comme c'est très-probable) était de quelques degrés au-dessus de 15°,56, alors la vraie pesanteur spécifique de ce gaz serait juste 2,5, et les expériences de M. Gay-Lussac coïncideraient avec la mienne.

Nous pouvons donc, sans hésiter, adopter 2,5 comme la vraie pesanteur spécifique du gaz chlore pur et sec.

Comme l'acide muriatique est composé de volumes égaux de chlore et d'hydrogène gazeux, et que leurs combinaisons ne s'effectuent que dans une seule proportion, nous ne devons pas balancer à considérer l'acide muriatique comme composé de 1 atome de chlore et de 1 atome d'hydrogène. L'atome de chlore doit donc être dans le même rapport avec l'atome d'hydrogène, que la pesanteur spécifique du premier de ces gaz est avec la pesanteur spécifique du second. Mais le gaz chlore est 36 fois plus pesant que l'hydrogène; car $0,0694 \times 36 = 2,5$; le poids atomistique de l'hydrogène est 0,125; conséquemment celui de l'atome de chlore est $0,125 \times 36 = 4,5$.

Il est évident aussi que pour le gaz chlore, il doit y avoir entre son volume et le poids de son atome le même rapport que celui qui subsiste entre le vo-

lume de l'hydrogène et son poids atomistique. Si donc on peut remplacer un volume par un atome, on pourra de la même manière substituer un volume de gaz chlore à un atome de chlore.

I. Il est facile de faire voir par des expériences simples et décisives que 4,5 est le vrai poids de l'atome de chlore : peut-être ne sera-t-il pas hors de propos d'en rapporter ici une ou deux.

1° Un atome de cuivre, comme on le verra plus loin, pèse 4; une particule intégrante du sous-oxide de ce métal, 9, et une particule intégrante de l'oxide noir, 5. Chacun de ces oxides se combine avec l'acide muriatique : le protomuriate de cuivre est blanc, et le permuriate vert. Ces deux muriates cristallisent, et tous les deux contiennent de l'eau de cristallisation. Quand les muriates de cuivre sont chauffés, sans le contact de l'air, non-seulement ils perdent leur eau de cristallisation, mais l'oxide de cuivre et l'acide muriatique abandonnent respectivement l'oxigène et l'hydrogène qu'ils contiennent : ces deux élémens se combinent et s'échappent sous forme de vapeur aqueuse, en laissant un composé de chlore et de cuivre. Dans le sous-oxide de cuivre, il y a 2 atomes de cuivre unis à 1 atome d'oxigène; et le protomuriate de cuivre est composé de 1 particule intégrante d'acide muriatique et de 2 de sous-oxide de cuivre; le permuriate contient 1 atome d'acide muriatique et 1 atome d'oxide noir de cuivre. Or je me suis assuré, par une analyse faite avec soin, que telle était en effet la vraie composition de ces deux sels.

Ces faits bien entendus, nous pouvons examiner les chlorures de cuivre, dont on reconnaît deux es-

pèces, savoir : le *protochlorure*, que l'on obtient en chauffant le protomuriate à vaisseau fermé; et le *deutochlorure*, formé en traitant le permuriate, de la même manière. Le Dr Davy a analysé le protochlorure de cuivre, et l'a trouvé formé de

Cuivre	8
Chlore	4,5
	12,5

(*Transact. phil.* 1812, pag. 170.)

deux atomes de cuivre pesant 8, le poids de l'atome de chlore doit être représenté par 4,5.

J'ai dissous 5 parties d'oxide noir de cuivre dans de l'acide muriatique, et j'ai évaporé la dissolution à siccité. Le chlorure de cuivre se présenta sous forme de poudre d'un jaune brun, et pesait exactement 8,5. Or, 5 d'oxide noir équivaut à 4 de cuivre métallique : ainsi ce chlorure était composé de

Cuivre	4
Chlore	4,5
	8,5

4,5 représente évidemment un atome de chlore, et 4, un atome de cuivre. Dans ce chlorure, 1 atome de cuivre est uni à 1 atome de chlore.

Ainsi il paraît que 1 atome de chlore s'unit soit avec 1 atome, soit avec 2 atomes de cuivre, et que 4,5 est juste le poids atomistique du chlore.

II. On verra dans la suite de cet ouvrage que 1 atome de mercure pèse 25. Or, le mercure, de même que le cuivre, se combine en deux proportions avec le chlore, et forme un *protochlorure* appelé ordinai-

rement *calomel*, et un *deutochlorure* connu sous le nom de *sublimé corrosif*.

Le calomel est donc formé de

Mercure	25
Chlore	4,5
	29,5

et le sublimé corrosif de

Mercure	25
Chlore	9
	34

(*Annals of philosophy* (2e série), II, 127.)

Nous voyons que le premier est composé de 1 atome de mercure et de 1 atome de chlore, et le second de 1 atome de mercure et 2 atomes de chlore. Ici, de même qu'avec le cuivre, 4,5 représente exactement le poids de 1 atome de chlore.

III. L'argent est un métal dont l'atome pèse 13,75. Dissolvez 13,75 parties d'argent pur dans de l'acide nitrique; évaporez à siccité, et redissolvez le nitrate dans l'eau; précipitez l'argent en versant dans le liquide une solution de 7,5 parties de sel commun sec et pur; recueillez le précipité, lavez-le soigneusement, et faites-le fuser sur un morceau de verre : si l'expérience est bien conduite, on aura pour poids du chlorure d'argent 18,25 (1). Or, il contient

(1) Le chlorure d'argent, pendant qu'il est sur le filtre, doit être lavé avec de l'eau distillée, légèrement acidulée avec l'acide nitri-

exactement 13,75 d'argent. Les parties constituantes de ce chlorure sont donc

Argent	13,75
Chlore	4,5
	18,25

où, dans cette composition, 1 atome d'argent est combiné avec 1 atome de chlore.

Dans tous ces exemples, le poids de l'atome de chlore est juste 4,5.

I. On sait depuis long-temps que, quand le chlore est recueilli à l'état gazeux sur l'eau à des températures au-dessous de 4°,44 c., il se forme un certain nombre de cristaux de couleur verte. Ces cristaux furent considérés comme du chlore solide, jusqu'au moment où sir H. Davy fit voir, en 1810, qu'ils étaient composés de chlore et d'eau, ou un hydrate de chlore. M. Faraday analysa cet hydrate pendant les hivers rigoureux de 1822 et 1823, et il le trouva composé de

Chlore	27,7	ou 4,5
Eau	73,3	11,745
	100,0	

Annals of phylosophy (2ᵉ série) V, 306.

11,745 excède 10 atomes d'eau, de 0,495 ; ce qui est un peu plus du tiers d'un atome. C'était sans doute de l'eau hygrométrique. Ces cristaux doivent être considérés comme constituant un décahydrate de

que ; car, pour avoir négligé de prendre cette précaution, je fus long-temps sans pouvoir trouver le poids exact du chlore. La raison est que l'eau distillée contient souvent de l'ammoniaque qui dissout un peu du chlore.

chlore composé de

10 atomes d'eau.	11,25
1 atome de chlore . .	4,5
	15,75

II. Le chlore, suivant les expériences de sir H. Davy et du comte de Stadion, se combine avec cinq proportions d'oxigène, et forme trois oxides et deux acides. Voici quelle est la composition de ces différentes substances, qui, à l'exception de l'acide chlorique, ont été analysées seulement par Davy et Stadion.

	CHLORE.	OXIGÈNE.	POIDS DE L'ATOME.
1 Protoxide de chlore. . .	1 atome	+ 1 atome	5,5
2 Tritoxide de chlore. . .	1 —	+ 3 —	7,5
3 Quadroxide de chlore . .	1 —	+ 4 —	8,5
4 Acide chlorique . .	1 —	+ 5 —	9,5
5 Acide perchlorique. . .	1 —	+ 7 —	11,5 (1).

III. L'hydrogène et le chlore, autant que nous le savons aujourd'hui, s'unissent seulement dans une seule proportion, et constituent l'acide muriatique, dont le poids atomistique est 4,625.

Cet acide est un des plus actifs et des plus corrosifs que nous connaissions. On l'emploie beaucoup dans les analyses chimiques, et il devient tout-à-fait indispensable dans un laboratoire. Quand il est pur, c'est un gaz dont la pesanteur spécifique est 1,28472,

(1) Le protoxide a été analysé par Davy, le tritoxide par Stadion, et le quadroxide par Davy. Mais on ne s'est pas assuré si ces deux derniers étaient réellement des substances distinctes. L'acide chlorique a été d'abord analysé par Chenevix, et avec plus d'exactitude encore, par Berzélius. Quant à l'acide perchlorique, il fut découvert et analysé par le comte de Stadion.

c'est-à-dire la moyenne entre la pesanteur spécifique du chlore et celle de l'hydrogène.

Je trouve qu'à la température de 20°,56 c., un pouce cube (16,38 centim. cub.) d'eau peut absorber 417,822 po. cub. (6846,61 centim. cub.) de gaz acide muriatique. La température du liquide augmente considérablement; et son volume, lorsqu'il est ramené à celle de l'air, est de 1,3433 po. cub. (22,009 centim. cub.) Il est évident, d'après cela, que 100 grains (6,475 milligr.) d'acide de ce degré de force contiennent 103 po. cub. (1687,847 cent. cub.) de gaz acide; et qu'un pouce cube (16,38 cent. cub.) de cet acide en contient 311,04146 p. c. (5095,79 cent. cub.) La pesanteur spécifique d'un semblable acide est de 1,1958; et je trouve, en le saturant par le carbonate de chaux, qu'il contient 40,39 pour cent d'acide réel uni à 59,61 d'eau. En hiver, j'ai obtenu de l'acide muriatique dont la pesanteur spécifique allait jusqu'à 1,212.

Toutes les tables que l'on a publiées jusqu'à présent, dans l'intention de donner les diverses pesanteurs spécifiques de l'acide muriatique plus ou moins concentré, sont fautives, parce qu'elles ont été faites d'après des données inexactes. Je pense donc qu'il convient d'en présenter une dans laquelle j'ai eu soin d'indiquer avec précision la pesanteur spécifique de cet acide à des degrés de concentration déterminée. Ma méthode de procéder consistait à saturer un poids donné d'acide avec du carbonate de chaux cristallisé. Chaque 6,25 grains (398,35 milligr.) de carbonate de chaux dissous indiquait la présence de 4,625 gr. (252,28 millig.) d'acide muriatique. Con-

naissant exactement le degré de concentration d'un acide, il était facile, en ajoutant les poids déterminés d'eau, de le ramener à tel degré de force inférieure convenable. Je donnerai la pesanteur spécifique des combinaisons d'un atome d'acide muriatique avec un nombre déterminé d'atomes d'eau. L'acide le plus concentré que j'aie pu obtenir à l'époque où je m'occupais de ces expériences, était composé de 1 atome d'acide et de 6 atomes d'eau. Sa pesanteur spécifique était 1,203, et il contenait par conséquent 40,659 pour cent d'acide réel. Cet acide est si volatil, que ce n'est qu'avec difficulté que l'on peut le conserver pendant les temps chauds; il fait même souvent sauter le bouchon du vase qui le renferme, et alors il se dégage une certaine quantité de gaz acide.

TABLE DE LA PESANTEUR SPÉCIFIQUE DE L'ACIDE MURIATIQUE A DIFFÉRENS DEGRÉS DE CONCENTRATION.

ATOMES d'acide.	ATOMES d'eau.	ACIDE dans 100 parties.	PESANTEUR spécifique.
1	6	40,659	1,203
1	7	37,000	1,179
1	8	33,945	1,162
1	9	31,346	1,149
1	10	29,134	1,139
1	11	27,206	1,1285
1	12	25,517	1,1197
1	13	24,026	1,1127
1	14	22,700	1,1060
1	15	21,512	1,1008
1	16	20,442	1,0960
1	17	19,474	1,0902
1	18	18,590	1,0860
1	19	17,790	1,0820
1	20	17,051	1,0780

L'acide muriatique composé de 1 atome d'acide et de 16 atomes d'eau, ou celui qui contient 20,442 centièmes d'acide réel, paraît être la combinaison la plus intime d'acide et d'eau; car son point d'ébullition est un maximum, étant 132° *F.* suivant Dalton; tandis que le même acide, plus fort ou plus faible que celui-ci, entre en ébullition à une température plus basse; et l'acide dont la pesanteur spécifique est 1,203, n'a pas son point d'ébullition au-dessus de 41°,67 c.

Les muriates, ou les sels formés par la combinaison de l'acide muriatique avec les différentes bases, méritent, sous plusieurs points de vue, d'attirer l'attention particulière des chimistes. J'examinerai leur composition dans un chapitre particulier de cet ouvrage.

SECTION II.

Du poids de l'atome d'iode.

Les propriétés de l'iode ont été examinées avec tant de sagacité et de succès par M. Gay-Lussac et sir H. Davy, que les expérimentateurs qui leur ont succédé n'ont eu que peu de chose à ajouter aux résultats de leurs recherches. Je vais rapporter le peu de particularités que j'ai eu l'occasion d'observer.

1° La pesanteur spécifique de l'iode est, selon M. Gay-Lussac, de 4,948; j'ai néanmoins quelques raisons pour croire que cette estimation est trop élevée. J'ai sublimé, à très-petit feu, un peu d'iode dans une fiole de huit onces environ. En opérant ainsi on peut l'obtenir en cristaux octaèdres assez grands, ayant

à peu près la forme primitive du soufre. Je choisis un certain nombre de ces cristaux, et je déterminai leur pesanteur spécifique. Je l'ai trouvée de 3,0844. La pesanteur spécifique de l'iode préparé sans purification, n'est que de 2,915, et par conséquent un peu moindre : différence qui est due à la présence d'une très-petite quantité d'eau. La pesanteur spécifique de l'eau distillée saturée d'iode, est 1,00021 ; preuve évidente que l'eau ne dissout qu'une très-petite quantité de cette substance.

2° M. Gay-Lussac a remarqué que, si dans un vase hermétiquement fermé, on fait chauffer de l'iode et du zinc, avec suffisante quantité d'eau, on obtient une dissolution incolore, qui est de l'hydriodate de zinc. Dans ce cas, il a trouvé que 100 parties d'iode se combinent avec 26,225 parties de zinc (*Annales de chimie*, tom. XCI, pag. 24). Or 26,225 : 100 :: 4,25 (1 atome de zinc) : 16,20. Suivant cette expérience, 16,20 indique le poids de l'atome d'iode. M. Gay-Lussac lui-même déduit de ce résultat que le poids de l'atome d'iode est 15,621, parce qu'il avait pensé que 26,225 de zinc se combinaient avec 6,402 d'oxigène ; tandis que la quantité d'oxigène avec laquelle ce poids de zinc se combine, en passant à l'état d'oxide, est seulement 6,170.

L'expérience de M. Gay-Lussac a été répétée par le Dr Prout, qui trouva que 50 parties d'iode se combinaient avec 12,9 parties de zinc (*Annals of Philosophy*, tom. VI, pag. 323). D'après cela, le poids de l'atome d'iode paraît être 16,473, c'est-à-dire un peu plus haut que celui indiqué par M. Gay-Lussac.

6.

3° J'ai fait très-souvent de semblables tentatives; mais je n'ai pas obtenu des résultats constans, soit à cause de la difficulté d'empêcher la perte d'un peu d'iode, soit parce que le zinc n'était jamais pur. En conséquence, j'ai eu recours à une autre méthode, que je vais exposer. Je formai une quantité d'hydriodate de potasse; et, en en faisant scrupuleusement l'analyse, je trouvai qu'il était composé de 1 atome d'acide hydriodique uni à 1 atome de potasse. Lorsque, dans des vases clos, on expose ce sel à une assez forte chaleur, il donne de l'eau et se convertit en iodure de potassium. Plusieurs essais m'ont fait voir que quand 20,5 parties de cet iodure de potassium sont dissoutes dans une petite quantité d'eau distillée, et mêlées avec une dissolution de 20,75 parties de nitrate de plomb sec, une double décomposition a lieu : l'iodure de plomb est précipité; le liquide restant est transparent, incolore, et il n'est altéré, ni par le sulfate de soude, ni par le nitrate de plomb; preuve qu'il ne contient aucune quantité sensible, ni d'oxide de plomb, ni d'acide hydriodique. Le liquide restant, étant évaporé à siccité, fournit 12,75 parties de salpêtre. Mais 12,75 de salpêtre (comme on le verra dans le chapitre suivant) contiennent 6 parties de potasse, équivalant à 5 de potassium. Conséquemment, les 20,5 parties d'iodure de potassium contenaient juste 5 parties de potassium. Le restant était de l'iode. D'après cela, il paraît que l'iodure de potassium est composé de

Potassium.	5
Iode	15,5
	20,5

Puisque 5 est le poids de l'atome de potassium, et l'iodure un composé neutre, il est évident que 15,5 doit être le poids de l'atome d'iode.

Je répétai l'expérience dont on vient de lire les détails, en substituant 19,75 parties d'iodure de zinc aux 20,5 parties d'iodure de potassium. Les dissolutions, contenant chacune 19,75 de zinc et 20,75 de nitrate de plomb, furent mélangées; je jugeai alors nécessaire d'évaporer ce mélange à siccité, à une chaleur douce. Je versai de l'eau sur le résidu jaune, que je laissai en digestion pendant quelques heures. J'essayai ensuite la liqueur avec le sulfate de soude et avec le nitrate de plomb, sans que ni l'un ni l'autre de ces réactifs produisît aucun effet; ce qui indiquait qu'il n'y avait aucune quantité sensible de plomb ni d'oxide. A moins que le mélange primitif des deux sels ne soit évaporé à siccité, le sulfate de soude est très-susceptible d'indiquer la présence du plomb; et si l'évaporation est portée trop loin, ou si on la fait à trop grand feu, l'eau que l'on versera sur le résidu se colorera en jaune et contiendra des traces d'iode. Si l'on a soin d'éviter cette circonstance particulière, le liquide contiendra seulement une dissolution de nitrate de zinc.

Il est facile de voir, d'après cette expérience, que j'ai répétée plusieurs fois avec succès, que 19,75 parties d'iodure de zinc contiennent juste 1 atome d'iode, ou la quantité nécessaire pour s'unir avec 13 parties de plomb, qui existent dans 20,75 de nitrate de plomb. Comme l'iodure de zinc est neutre, il doit s'y trouver juste 1 atome de zinc, dont le poids est 4,25. Ainsi il paraît que l'iodure

de zinc sec est composé de

Zinc	4,25
Iode	15,5
	19,75.

Ces expériences ne laissent aucun doute que l'atome d'iode ne pèse 15,5. C'est le nombre auquel le Dr Prout s'est arrêté, bien que d'ailleurs il ne se soit pas appuyé sur des données exactes.

On peut encore conclure de ces expériences, que l'acide hydriodique est composé de 1 atome d'iode et 1 atome d'hydrogène. En effet, lorsque l'hydriodate de zinc est suffisamment chauffé, il est converti en iodure de zinc. Dans cette opération, l'oxide de zinc abandonne son oxigène, et l'acide hydriodique son hydrogène. Ces deux substances se combinent et forment de l'eau. Conséquemment dans l'acide, les atomes d'hydrogène doivent être juste en nombre égal avec les atomes d'oxigène de l'oxide. Or, l'oxide de zinc contient seulement 1 atome d'oxigène, donc l'acide hydriodique ne contient aussi que 1 atome d'hydrogène.

Les expériences de M. Gay-Lussac, que j'ai souvent répétées, nous apprennent que quand on laisse le gaz acide hydriodique en contact avec le mercure, la totalité de l'iode qu'il contient est graduellement absorbée; que son volume est réduit à moitié, et qu'il consiste en gaz hydrogène. D'où il est clair que l'acide hydriodique est composé de volumes égaux de vapeur d'iode et de gaz hydrogène, unis sans changement de volume : dès lors un volume de

vapeur d'iode est à un de ses atomes, comme un volume de gaz hydrogène est à un de ses atomes : mais la pesanteur spécifique de l'hydrogène s'obtient en multipliant le poids de son atome par la moitié de la pesanteur spécifique de l'oxigène, ou par 0,5555; car 0,125 + 0,5555 = 0,0694; et l'on verra, dans le septième chapitre de cet ouvrage, que cette loi est générale. Conséqnemment, pour obtenir la pesanteur spécifique de la vapeur d'iode, nous n'avons qu'à multiplier 15,5 par 0,5555. Le produit est 8,6111, qui est la vraie pesanteur spécifique de la vapeur d'iode.

La pesanteur spécifique de l'acide hydriodique est une moyenne entre celle de la vapeur d'iode et celle du gaz hydrogène, ou 4,34027.

Le poids de l'atome de l'acide hydriodique, est 15,625.

L'iode se combine également avec l'oxigène et avec le chlore, et forme, avec le premier, l'acide iodique, et avec le dernier, l'acide chloriodique. Je n'ai point fait d'expériences pour déterminer le poids des atomes de ces acides; mais, d'après celles de M. Gay-Lussac, il est évident que l'acide iodique est composé de 1 atome d'iode et de 5 atomes d'oxigène. Il doit donc peser 20,5. D'après les expériences de sir H. Davy, j'hésite peu à croire que l'acide chloriodique ne soit composé de 1 atome d'iode et de 2 atomes de chlore. Conséquemment, le poids de son atome est 24,5.

CHAPITRE V.

DU POIDS DE L'ATOME D'AZOTE, ET DE LA PESANTEUR SPÉCIFIQUE DE CE GAZ.

Je rapporterai au commencement de ce chapitre les expériences qui ont été faites pour déterminer la véritable pesanteur spécifique du gaz azote. Celle de l'air étant toujours prise pour unité, nous avons vu, dans le troisième chapitre de cet ouvrage, que la pesanteur spécifique réelle du gaz oxigène était 1,111. Or, l'air étant un mélange des deux gaz oxigène et azote, il est évident que, pour avoir la véritable pesanteur spécifique du dernier, il suffira de déterminer, par des expériences rigoureuses, dans quel rapport sont les volumes des gaz oxigène et azote, qui constituent l'air atmosphérique. Plusieurs expériences ont été faites dans cette intention; mais les chimistes ne paraissent pas avoir pris les précautions nécessaires pour obtenir un résultat satisfaisant.

1° Afin d'avoir de l'air commun à l'état de pureté, j'en recueillis une certaine quantité au milieu d'une prairie, à quelque distance des habitations. L'hydrogène employé pour enlever l'oxigène, avait été préparé à l'aide d'un mélange de zinc purifié et

d'acide sulfurique pur étendu d'eau distillée. La cornue dans laquelle on fit la dissolution fut entièrement remplie par ce mélange, et j'eus soin de laisser échapper les premières portions du gaz, avant de le recueillir pour en faire usage. Les expériences eudiométriques furent faites à mesure que le gaz se dégageait; et, pour chaque essai, on le prit directement au bec de la cornue, et par conséquent sans qu'il ait eu aucun contact avec l'eau.

Un mélange de 100 parties d'air et de 42 parties de cet hydrogène pur, fut enflammé par l'étincelle électrique. La diminution de volume, dans trois essais successifs, fut juste de 60. Or le volume de l'oxigène dans les 100 parties d'air employées, est évidemment un tiers de cette diminution; ce qui donne 20. Ainsi il paraît que 100 volumes d'air en contiennent 20 d'oxigène. Les 80 restans constituent le gaz azote de l'air. L'air est donc un mélange de

20	volumes de gaz oxigène,
80	volumes de gaz azote,
100	

ou, en d'autres termes, le cinquième du volume de l'air commun est du gaz oxigène, et les quatre cinquièmes, du gaz azote.

Si nous employons moins de 42 parties de gaz hydrogène pour 100 d'air, la combustion n'est pas complète. Ainsi, quand on enflamme un mélange de 100 volumes d'air et de 40 volumes d'hydrogène,

la diminution de volume ne s'élève qu'à 57 au lieu de 60. Le tiers de 57 est seulement 19, ce qui indique qu'un volume de l'oxigène du total a échappé à la combustion. Quand la quantité d'hydrogène dépasse 42 pour 100 de l'air, la diminution du volume excède un peu la vérité, et va en augmentant jusqu'à ce que la proportion d'hydrogène soit égale à celle de l'air. Je n'ai pas cru nécessaire de conduire l'opération au-delà de ce terme. 50 volumes d'air et 50 volumes de gaz hydrogène étant mêlés et enflammés, la diminution fut de 32 volumes, dont le tiers est 10,66; ce qui porterait la proportion de l'oxigène dans l'air à 21 pour 100. Cette diminution, qui dépasse la limite requise, paraît être due à la formation d'une petite quantité d'acide nitrique ou d'ammoniaque. Les meilleures proportions que l'on puisse employer sont 100 volumes d'air et 42 volumes de gaz hydrogène : en pareil cas nous avons toujours obtenu 60 de diminution, ce qui indique 20 volumes de gaz oxigène dans l'air.

J'ai également vérifié cette analyse en me servant du phosphore : 100 parties d'air, dans lesquelles on avait plongé un bâton de phosphore, furent abandonnées sur du mercure. Au bout de deux jours, la cloche fut transportée sur la cuve, et l'air bien lavé, afin de le priver de quelque partie d'acide phosphorique qui pouvait en altérer le volume : du reste, pour faciliter l'action du phosphore, on ajouta un peu d'eau, de manière que l'air fut saturé d'humidité, à la température à laquelle les expériences eurent lieu. La table suivante présente les résultats de ces expériences.

Nos des expér.	VOLUMES d'air.	HAUTEUR DU BAROMÈTRE.	HAUTEUR du thermom.	RÉSIDU.	HAUTEUR DU BAROMÈTRE.	HAUTEUR du thermomèt.
1	100	$0^{m}76,282$	16°,11	82	$0^{m}76,219$	16°,67
2	100	$0^{m}76,219$	16,67	80	$0^{m}75,689$	16,67
3	100	$0^{m}75,689$	16,67	81	$0^{m}74,927$	15,84
4	100	$0^{m}74,927$	15,84	78	$0^{m}76,172$	15,28
5	100	$0^{m}76,172$	15,28	79,75	$0^{m}76,215$	15,56
6	100	$0^{m}76,172$	15,56	80	$0^{m}76,045$	16,11
7	100	$0^{m}76,045$	16,11	80	$0^{m}75,437$	15,84
8	100	$0^{m}75,437$	15,56	81	$0^{m}74,927$	14,72
9	100	$0^{m}74,927$	14,72	79,5	$0^{m}75,181$	14,44
10	100	$0^{m}75,029$	14,44	80	$0^{m}75,050$	14,44

Il faut, avant de tirer aucune conséquence de ces expériences, déterminer par le calcul le volume des résidus, en lés supposant parfaitement secs, le thermomètre étant à 15°,56 c., le baromètre à $0^{m},76$. La table suivante indique quels sont ces volumes.

Nos des expér.	VOLUMES d'air.	Volumes des résidus.	Proport. des vol. d'air.	Proportions des volumes des résidus.
1	98,953	80,08	100	80,927
2	97,984	77,648	100	79,246
3	97,051	78,130	100	80,504
4	96,457	76,714	100	79,532
5	98,352	78,543	100	79,851
6	98,217	78,232	100	79,652
7	97,889	77,698	100	79,374
8	97,253	78,551	100	80,770
9	97,018	77,462	100	79,843
10	97,236	77,816	100	80,028
Moyenne			100	79,9735

La dernière colonne donne la quantité de gaz sec qui restait sur 100 parties d'air également sec, le baromètre étant d'ailleurs à $0^{m},76$, et le thermomètre

à 15°,55 c. La moyenne de dix expériences donne donc pour la composition de l'air sec

Azote.	79,9735
Oxigène. . .	20,0265
	100,0000

résultat qui diffère fort peu de

Azote. . . .	80
Oxigène. . .	20
	100

Cette coïncidence avec les premières expériences confirme complétement les conclusions précédentes, puisqu'elle a tout le degré de précision dont soit susceptible la méthode dont j'ai fait usage.

La proportion des parties constituantes de l'air étant ainsi connue, il est aisé de déterminer la pesanteur spécifique du gaz azote. Soit $x =$ un volume de gaz azote, alors

$$1,1111 + 4x = 5 \text{ et}$$

$$x = \frac{3,8888}{4} = 0,9722 = \text{la pesanteur spéci-}$$

fique du gaz azote (1).

(1) On pourrait déduire directement, ainsi que le Dr Prout l'a déjà fait (*Annals of philosophy*, VI, 322), la pesanteur spécifique des gaz azote et oxigène, de la pesanteur spécifique connue de l'air, qui est 1,000, et de la proportion dans laquelle s'unissent ces deux gaz, savoir : 80 azote et 20 oxigène, dans 100 volumes d'air.

Soit l'atome d'oxigène = 1
d'azote = 1,75

2° Si pour déterminer la pesanteur spécifique de l'azote, je suis entré dans tous ces détails, c'est parce que cette connaissance devient un élément nécessaire pour la détermination du poids de son atome. Nous allons rechercher maintenant quel est le poids

L'air est composé de 1 atome d'oxigène et de 2 atomes d'azote, ou de

Oxigène	. . 1	ou	22,22
Azote	. . 3,5		77,77
			100

Soit x = pesant. spécif. de l'oxigène 22,22 = a
y = pesant. spécif. de l'azote 77,77 = b

alors $\frac{x+4y}{5}=1$ et x 5 — 4 y

et $x : 4y :: a : b$ et $x = \frac{4ay}{b}$ D'où l'on tire

$5-4y=\frac{4ay}{b}$ et $y=\frac{5b}{4a+4b}=0{,}9722$

et $x = 5 - 4y = 5 - 3{,}8888 = 1{,}1111$

J'ai pensé qu'il valait mieux procéder comme je l'ai fait dans le texte, parce que le poids de l'atome d'azote se déduit plus facilement de la pesanteur spécifique de ce gaz.

Berzélius et Dulong, dans leur mémoire *sur la pesanteur spécifique des gaz*, nous donnent celle des gaz azote et oxigène dans les nombres suivans :

Oxigène. . . .	1,1026
Azote	0,9760

Or, comme l'air est composé de 4 volumes d'azote et de 1 volume d'oxigène, il est évident que $\frac{1{,}1026+0{,}9760\times 4}{5}$ = pesanteur spécifique de l'air commun. Si nous résolvons l'équation, nous trouvons la pesanteur spécifique de l'air commun, non pas 1, comme cela devrait être, mais 1, 00132 : ce qui démontre que les pesanteurs spécifiques des deux gaz oxigène et azote telles qu'elles ont été déterminées par ces chimistes, ne sont pas exactes.

atomistique de l'acide nitrique, que l'on sait être un composé d'azote et d'oxigène, et dans lequel existe la plus grande proportion d'oxigène avec laquelle un atome d'azote puisse se combiner. L'acide nitrique s'unit avec diverses bases, et forme des sels désignés sous le nom générique de *nitrates*. Plusieurs de ces sels ne contiennent point d'eau de cristallisation, mais consistent en acide anhydre uni à la base; c'est ce qui arrive pour le nitrate de potasse et le nitrate de plomb, et c'est de ce dernier dont je me servirai pour déterminer le poids de l'atome de l'acide nitrique.

On fera voir, dans un autre chapitre, que l'atome de plomb pèse 13, et que l'atome de protoxide de plomb, qui forme la base du nitrate de plomb, pèse 14. Ce sel est neutre, et par conséquent consiste en un atome d'acide nitrique uni à un atome de protoxide de plomb; il est blanc, opaque, brillant, et cristallise en octaèdres. Quelquefois il peut contenir un peu d'eau interposée accidentellement entre ses lames; ce qui n'arrive pas quand il est convenablement cristallisé; d'ailleurs on peut toujours le rendre anhydre en l'exposant, pendant quelques heures, à une température de 100° c.

Le sulfate de soude est composé de 1 atome d'acide sulfurique, 1 atome de soude et 10 atomes d'eau; mais il est très-facile de le débarrasser de son eau de cristallisation. Il suffit pour cela de l'exposer pendant quelques jours dans un lieu sec, ou de le placer sous le vide d'une machine pneumatique, dans un vase élevé d'un ou deux pouces au-dessus d'une capsule remplie d'acide sulfurique; vingt-quatre

heures dans cette situation suffisent pour le rendre complétement anhydre; une chaleur douce chasse aisément l'eau de cristallisation, et l'on peut ensuite faire fondre le sel, pour être bien certain qu'il ne reste plus aucune trace d'eau.

Quand le sulfate de soude est anhydre, il est composé de

1 Atome acide sulfurique.	=	5
1 Atome de soude . . .	=	4
		9

de manière que 9 parties de ce sel contiennent exactement 5 parties d'acide sulfurique.

Connaissant la nature et la composition de ces deux sels, nous avons tous les élémens nécessaires pour rechercher le poids d'une particule intégrante d'acide nitrique.

Je pris deux petits matras de verre, contenant chacun un peu d'eau distillée : dans l'un je fis dissoudre 20,75 parties de nitrate de plomb pur, et dans l'autre 9 parties de sulfate anhydre de soude. Ces deux dissolutions étant mélangées, il s'opéra une double décomposition : l'acide sulfurique et l'oxide de plomb s'unirent et formèrent un sulfate de plomb insoluble qui se précipita rapidement, tandis que l'acide nitrique et la soude restèrent en dissolution dans le liquide incolore. Aussitôt que ce dernier fut clair et transparent, on en mit quelques gouttes dans deux verres de montre : dans l'un on versa une petite quantité de solution de muriate de baryte, et dans l'autre un peu de solution de sulfate de soude; mais aucun de ces réactifs ne produisit de précipité,

ni même d'opalescence; preuve que le liquide ne contenait aucune quantité sensible d'acide sulfurique ni d'oxide de plomb.

D'après cette expérience, on peut conclure que l'acide sulfurique contenu dans 9 parties de sulfate anhydre de soude, est juste suffisant pour saturer l'oxide de plomb de 20,75 part. de nitrate de plomb; mais 9 parties de sulfate anhydre de soude contiennent 5 parties d'acide sulfurique qui exigent juste 14 parties de protoxide de plomb pour être saturées. En conséquence, si le sulfate de plomb précipité est lavé, recueilli et séché sans aucune perte, on trouvera qu'il représente exactement 19 parties. Ainsi il est bien prouvé que 20,75 parties de nitrate de plomb contiennent 14 parties de protoxide de plomb. De sorte que le nitrate de plomb est composé de

Protoxide de plomb	14
Acide nitrique . .	6,75
	20,75

Le sel étant neutre, et 14 indiquant une particule intégrante de protoxide de plomb, il est clair que 6,75 est le poids de l'atome d'acide nitrique.

3° La connaissance exacte du poids atomistique de l'acide nitrique est d'une telle importance, qu'il ne sera pas inutile de faire voir par une nouvelle preuve, également rigoureuse, ce qu'il est réellement; nous nous appuierons sur des résultats déduits de la composition du nitrate d'argent, sel très-fréquemment employé dans les analyses chimiques.

Le nitrate d'argent est un sel blanc, transparent,

qui peut se former en beaux cristaux rhomboïdes, mais qui, le plus communément, prend la forme de plaques minces, que l'on a comparées à des lames d'épées. Il ne contient point d'eau de cristallisation, bien que quelquefois il puisse s'en trouver un peu, accidentellement interposée dans les lames du cristal, et dont on le débarrasse aisément en le faisant fondre à une chaleur douce, et en le tenant quelque temps dans cet état de fusion. Les petits cylindres de ce sel, que les pharmaciens vendent sous le nom de *caustique lunaire* (pierre infernale), sont tout-à-fait anhydres; cependant je ne les ai jamais trouvés parfaitement purs : ils contiennent ordinairement un peu d'or, qui se sépare en flocons quand on dissout le cylindre de nitrate d'argent; et il n'est pas rare d'y rencontrer d'autres substances étrangères, particulièrement du nitre. Pour l'expérience que je vais rapporter, le sel doit être non-seulement anhydre, mais entièrement pur.

Le poids de l'atome d'argent, comme on le verra plus loin, est 13,75, et une particule intégrante d'oxide d'argent pèse 14,75; en conséquence, si le poids de l'atome d'acide nitrique est 6,75, comme nous l'avons trouvé par l'analyse du nitrate de plomb, les élémens du nitrate d'argent doivent être :

Acide nitrique	6,75
Oxide d'argent. . .	14,75
	21,5

Quand le sel commun est fondu, il se convertit en

chlorure de sodium, qui est composé de

Chlore . . .	4,5
Sodium . . .	3
	7,5

Quand 7,5 parties de chlorure de sodium sont dissoutes dans l'eau, elles se combinent avec 1,125 d'eau, et sont converties en muriate de soude composé de

Acide muriatique . .	4,625
Soude	4
	8,625

Ces faits une fois posés, nous pouvons procéder à l'expérience. J'ai fait dissoudre séparément dans de l'eau distillée, 21,5 parties de nitrate d'argent fondu et 7,5 parties de sel commun, et j'ai mélangé les dissolutions. Une double décomposition eut lieu; l'acide muriatique et l'oxide d'argent s'unirent, et se précipitèrent sous forme d'une matière caséeuse, blanche et pesante, tandis que l'acide nitrique et la soude restèrent en dissolution dans le liquide, à l'état de nitrate de soude. Quand la précipitation fut entièrement achevée et eut laissé le fluide surnargeant parfaitement clair, on en mit quelques gouttes dans deux verres de montre : dans l'un on laissa tomber un peu de nitrate d'argent, et dans l'autre une petite quantité de sel commun; ni l'un ni l'autre de ces réactifs ne manifesta aucun précipité ni opalescence; ce qui prouve que le li-

quide ne contenait ni acide muriatique ni oxide d'argent.

Nous voyons, d'après cette expérience, que l'acide muriatique contenu dans 8,625 parties de muriate de soude, sature exactement l'oxide d'argent contenu dans 21,5 parties de nitrate d'argent; mais 4,625 d'acide muriatique exigent juste 14,75 d'oxide d'argent pour leur saturation : c'est donc par conséquent la quantité d'oxide contenue dans 21,5 de nitrate d'argent fondu; le surplus, qui s'élève à 6,75, doit être de l'acide nitrique. Ainsi nous trouvons que la composition du nitrate d'argent s'accordait parfaitement avec notre hypothèse, et nous voyons que 6,75 est le poids de l'atome d'acide nitrique.

Quand le muriate d'argent obtenu dans la précédente expérience, est lavé, séché et fondu, il se convertit en chlorure d'argent; dès lors,

4,625	d'acide muriatique donnent	4,5	chlore;
14,75	d'oxide d'argent	13,75	argent.
19,375		18,25	

Donc, si on le recueille sans perte, ce qui est assez difficile, au lieu de 19,375 parties, on en trouvera seulement 18,25.

Ces deux expériences nous permettent d'affirmer que le poids de l'atome d'acide nitrique est 6,75.

4° Pour démontrer la vraie composition de l'acide nitrique, je me servirai du nitrate de potasse.

Ce sel, lorsqu'il est pur, ne contient point d'eau de cristallisation; cependant une petite quantité de ce liquide est souvent interposée accidentellement entre

les lames du cristal : mais cette eau se dissipe aisément, en tenant le nitrate de potasse pendant quelque temps à un feu modéré, ou simplement en le mettant en fusion. Le sel dont on s'est servi pour faire les expériences suivantes était pur et parfaitement anhydre.

Le salpêtre exposé à une température plus haute que 315°, 5 c., laisse échapper une certaine portion d'oxigène; mais pas au-delà. Quand 127 ½ grains (8,255,626 gram.) de nitre sont tenus à cette température pendant le temps convenable, on en retire 29 po. cub. ½ (483,401 cent. cub.) de gaz oxigène pur; la masse du nitre est réduite à 117 ½ grains, et le sel n'est plus du *nitrate de potasse*, mais du *nitrite de potasse;* car, si l'on verse dessus de l'acide acétique, il s'en dégage des vapeurs rouges, ce qui n'arrive pas au salpêtre. Or, nous ferons voir, à la fin de ce chapitre, que le poids de l'atome d'*acide nitreux* (l'acide qui constitue le nitrite de potasse) est 5,75. On verra sur-le-champ que l'acide nitrique est composé de 5 oxigène et 1,75 d'azote; en conséquence 29 pouces cubes ½ (483,401 cent. cub.) pesant 10 grains (647,50 milg.) peuvent être considérés comme la cinquième partie de tout l'oxigène contenu dans 127 grains ½ de nitre (8,255,62 gram.). La totalité de l'oxigène dans 127 gr. ½ (8,255,62 gram.) monte donc à 147 po. cub. ½, ou 50 grains (3,2375 gram.).

J'ai cherché plusieurs fois à obtenir la totalité de l'oxigène et de l'azote à l'état gazeux dans un poids donné de nitre, mais je n'ai jamais complétement réussi.

Il ne m'a pas été davantage possible de décomposer

le nitre dans une cornue de porcelaine, sans attaquer le vase avant que la décomposition ne fût complète. La potasse, à mesure qu'elle se dégage, agit si puissamment sur le vaisseau, à la haute température à laquelle il faut la tenir, qu'elle passe bientôt à travers les parois, et donne ainsi aux produits gazeux le moyen de s'échapper.

Quand le nitre était mélangé avec deux fois son poids de sable siliceux, je l'ai décomposé avec facilité dans une cornue de grès ordinaire; mais, à la haute température à laquelle il fallut tenir le vase, il devint perméable à l'air : ce qui m'empêcha de déterminer avec précision la proportion qui existait entre les volumes des deux gaz dégagés; les cornues de Wedgewood, qui ne laissent pas passer l'air, cassaient toujours avant la fin de l'opération. En général, les produits gazeux consistaient en

1 volume gaz azote,
2,3 volumes gaz oxigène;

et la proportion de l'azote augmentait toujours à mesure que l'opération se prolongeait. J'ai plus approché de la vérité avec une petite quantité de nitre qu'avec une grande; mais je n'ai jamais pu obtenir la totalité du volume de gaz que le nitre peut donner.

J'ai ensuite essayé de décomposer le nitre par la chaleur, en le mêlant avec de la poussière de charbon, dans un tube de cuivre. Le tube fut chauffé au rouge, et les produits gazeux recueillis sur le mercure. Par ce procédé, j'ai obtenu un volume de gaz plus considérable que celui que le nitre lui-même peut donner; dans quelques cas, les volumes de gaz

azote et d'acide carbonique dégagés étaient dans le rapport suivant :

1 volume gaz azote,
2 volumes 1/2 acide carbonique.

Mais, en général, le gaz inabsorbable par la potasse était, relativement à l'acide carbonique, en plus grande proportion que celle indiquée dans l'expérience précédente; plus le feu était prolongé, et plus était grande la quantité de gaz inabsorbable dégagé. On obtenait toujours aussi une quantité d'eau très-considérable. Il était impossible de douter que le charbon contînt de l'oxigène et de l'hydrogène (quoique je l'eusse préalablement chauffé très-fortement dans un fourneau à vent); et lorsque j'ai substitué de la houille de Kilkenny à mon charbon de bois, les résultats n'ont pas été plus satisfaisans. Avec la houille de Kilkenny, la proportion d'eau formée était plus grande, et celle d'acide carbonique plus petite, que quand j'employais le charbon de bois.

Un autre procédé dont je fis usage, consistait à mélanger du nitre et de la limaille de fer bien nettoyée. J'introduisais le mélange dans un tube de cuivre, et je l'exposais à une chaleur rouge. Dans cette opération, l'oxigène du nitre s'unit avec la limaille de fer, tandis que l'azote se dégage à l'état gazeux. Quatre expériences, faites de cette manière, donnèrent à peu près le même résultat. J'ai trouvé que 8,65 grains (560,08 millg.) de nitre donnaient 4 po. cub. (65,546 cent. cub.) de gaz azote, supposant le baromètre à $0^m,76$, et le thermomètre à $15^o,56$ c. Il serait peut-

être plus convenable de diviser ces quantités par 4; cela donnerait comme résultat 1 po. cub. (16,386 cent. cub.) de gaz azote, pour 2,1625 grains (140,02 millig.) de nitrate de potasse.

Or, puisque la pesanteur spécifique du gaz azote est 0,9722, un pouce cube (16,386 cent. cub.) pèse 0,296527 grain (19,40 millig.); et c'est le poids de l'azote dans 2,1625 grains (140,02 millg.) de nitrate de potasse.

Mais le nitre est anhydre; le poids de l'atome d'acide nitrique est 6,75, et celui de la potasse 6; dès lors le nitrate de potasse est composé de

Acide nitrique . . .	6,75
Potasse	6
	12,75

et 2,1625 grains (140,02 millg.) de nitre contiennent 1,144852 grains (74,11 millg.) d'acide nitrique. Les expériences précédentes nous donnent le poids de l'atome d'azote dans cette quantité d'acide nitrique, et le reste du poids doit être de l'oxigène; en conséquence, l'acide nitrique est composé de

Azote . .	0,296527	ou	1,7477
Oxigène .	0,848324	ou	5
	1,144851		6,7477

Il y a évidemment une légère inexactitude dans cette analyse, car elle nous donne pour poids atomistique de l'acide nitrique 6,7477 au lieu de 6,75,

que nous avons trouvé tout-à-l'heure être le véritable. Il est clair que cette erreur vient du poids de l'azote, qui est un peu trop faible, et non de celui de l'oxigène, qui doit toujours s'exprimer par un nombre entier d'atomes. Si j'avais obtenu de 8,65 gr. (560,08 mill[g].) de nitre, 4,004 po. cub. (65,611 centim. cub.) de gaz azote, au lieu de 4 po. cub. (65,546 cent. cub.), cette erreur n'aurait pas existé. Mais mon appareil n'était pas d'une assez grande sensibilité pour mesurer avec cette précision le gaz qui se dégageait. Je pourrais donc avoir effectivement obtenu 4,004 po. cub. (65,611 cent. cub.), sans apercevoir cette légère différence.

Il ne peut pas y avoir de doute, d'après ces expériences, que la vraie composition de l'acide nitrique ne soit

Azote . . .	1,75
Oxigène . .	5
	6,75

ou que cet acide ne soit composé de 1 atome d'azote et de 5 atomes d'oxigène; et que 1 atome d'azote ne pèse 1,75.

Il paraît, d'après une expérience que j'ai rapportée plus haut, que 8,65 grains (560,08 mill[g].) de salpêtre contiennent 4,004 po. cub. (65,611 cent. cub.) de gaz azote. Or, comme le nitre est composé de 6 de potasse et 6,75 d'acide nitrique, et que l'acide nitrique contient 1,75 d'azote et 5 d'oxigène, il est évident que 8,65 grains (560,08 mill[g].) de nitre renferment :

Azote	1,187254 gr.	ou	4,00386	po. cub.
Oxigène	3,392156	ou	00,00960	po. cub.
	4,579410 (1)			

or, 4,00386 : 10,00960 : : 1 : 2,5. De telle sorte que les élémens de l'acide nitrique, lorsqu'ils sont convertis en gaz, consistent en

1 volume gaz azote,
2 volumes ½ gaz oxigène.

Mais nous avons déjà vu que ½ volume de gaz oxigène est équivalent à 1 atome. Il est évident qu'un volume de gaz azote équivaut à 1 atome. A cet égard, ce dernier gaz se comporte comme l'hydrogène, le chlore et l'iode, tous trois à l'état gazeux.

La pesanteur spécifique du gaz azote s'obtient en multipliant le poids de son atome 1,75 par 0,5555 ; le produit est 0,9722, que nous avons trouvé déjà être la vraie pesanteur spécifique de ce gaz.

L'acide nitrique est le composé d'azote et d'oxigène, qui contient le maximum de la quantité d'oxigène. On l'obtient en chauffant un mélange d'acide sulfurique et de nitre, dans une cornue, à laquelle on a luté un récipient. Quand on mêle 76 parties et ⅛ d'acide sulfurique du commerce, le plus concentré, avec 12 parties et ¾ de nitre complétement privé d'eau et parfaitement pur, l'acide que l'on obtient est le plus fort que l'on puisse se procurer. Sa pesanteur spécifique est d'environ 1,55 ; et il est composé de

(1) Comme ces nombres ne servent que pour arriver à la proportion : : 1 : 2,5, nous croyons inutile de donner leur valeur métrique.
(*Note du traducteur.*)

1 atome d'acide et de 1 atome d'eau, ou il contient :

Acide réel . . .	85,714	parties ;
Eau	14,286	parties.
	100,000	

Quand on mêle 12 parties 1/4 d'acide sulfurique avec 12 3/4 de nitre pur et anhydre, la totalité de l'acide nitrique peut s'obtenir sans aucune perte ; mais sa pesanteur spécifique est seulement 1,4855, et il est composé de 1 atome d'acide réel et de 2 atomes d'eau.

Quand l'acide nitrique est entièrement privé de gaz nitreux, il est incolore et presque aussi limpide que l'eau ; mais la présence de ce gaz le rend jaune, rouge ou brun, selon la quantité plus ou moins considérable qu'il en contient. Ce gaz augmente beaucoup la volatilité de l'acide, mais son effet sur la pesanteur spécifique n'est pas aussi considérable que je l'avais d'abord pensé ; car le volume de l'acide augmente presque en proportion de la quantité de gaz absorbée.

La table suivante, dressée d'après une série d'expériences que j'ai faites avec le plus grand soin, indique la pesanteur spécifique des divers composés des atomes d'acide nitrique réel et d'eau. Les expériences ont été faites en ajoutant des quantités données d'eau à l'acide, dont la pesanteur spécifique est de 1,4855, et en prenant celle du mélange. La densité du plus fort acide que j'aie pu obtenir du nitre, était 1,534. Ensuite, en déterminant la composition de cet acide, et en observant le rapport dans lequel la pesanteur spécifique diminue, à proportion que l'on ajoute de

l'eau, j'ai conclu que l'acide composé de 1 atome d'acide réel et de 1 atome d'eau, avait 1,55 de pesanteur spécifique.

Atomes d'acide.	Atomes d'eau.	Acide en 100 parties.	Pesanteur spécifique.
1	1	85,714	1,55
1	2	75,000	1,4855
1	3	66,668	1,4546
1	4	60,000	1,4237
1	5	54,545	1,3928
1	6	50,000	1,3692
1	7	46,260	1,3456
1	8	42,857	1,3220
1	9	40,000	1,3032
1	10	37,500	1,2844
1	11	35,294	1,2656
1	12	32,574	1,2495
1	13	31,579	1,2334
1	14	30,000	1,2173
1	15	28,571	1,2012

L'acide formé de 1 atome d'acide et 4 atomes d'eau, paraît être la combinaison la plus intime; car son ébullition a lieu à la température de 120° c., tandis que l'acide, soit plus fort, soit plus faible que celui-ci, entre en ébullition à une plus faible température. C'est ce même degré de concentration de l'acide que l'on rencontre ordinairement dans le commerce; il contient exactement 60 pour cent d'acide réel, et 40 pour cent d'eau. L'acide dont la pesanteur spécifique est 1,3692 contient juste la moitié de son poids d'eau. Il entre en ébullition à 117° c. de température. L'acide dont la densité est 1,3032, peut être considéré comme le contraire

de l'acide de densité de 1,4237; car il consiste en 40 parties d'acide + 60 d'eau, lorsque l'autre ne contient que 60 parties d'acide + 40 d'eau. Son ébullition a lieu à 113°,33 c., ou 11°,110 c., plus bas que celle de l'acide dont l'ébullition est au maximum. Ces différens points d'ébullition ont été déterminés par M. Dalton.

Je vais maintenant examiner rapidement les autres composés d'azote et d'oxigène : ce sont le *protoxide d'azote*, le *deutoxide d'azote*, et l'*acide nitreux*. Connaissant le poids de l'atome de l'azote, et la pesanteur spécifique de ce gaz, nous trouverons, sans difficulté, les élémens constituans de ces composés.

I. Le protoxide d'azote, l'*oxide nitreux* de Davy, s'obtient ordinairement en exposant le nitrate d'ammoniaque à une température d'environ 204°,5 c. ou un peu plus haut; c'est un gaz sans couleur, ayant un goût douceâtre : l'eau en absorbe environ trois quarts de son volume. Si l'on mêle 100 parties de protoxide d'azote bien pur et bien sec, avec 100 parties d'hydrogène également sec, et que l'on fasse passer une étincelle électrique à travers le mélange, il y a détonation, et un peu d'eau se dépose sur les parois de l'eudiomètre. Si l'expérience est faite quand le baromètre est à $0^m,76$, et le thermomètre à 15°,56 c., le gaz qui reste occupera 101,77 parties. Mais ce gaz est saturé d'humidité; s'il était tout-à-fait sec, son volume serait 100 (1).

(1) Soit x le volume du gaz sec, et soit $p = 30$; et $f = 0,524$, nous aurons

$$\frac{p\quad x}{p-f} = 101,77.$$ La solution de cette équation donnera $x = 100$.

Ainsi il paraît que, quand le protoxide d'azote est mêlé avec son volume d'hydrogène et enflammé, le gaz qui reste, et qui est de l'azote, est juste égal au volume primitif du gaz employé. L'hydrogène a disparu et a été converti en eau; il doit donc s'être combiné avec une quantité d'oxigène qui, si elle eût été à l'état de gaz, aurait représenté la moitié du volume du gaz hydrogène. Les élémens de l'oxide d'azote sont donc

1 volume gaz azote }
½ volume gaz oxigène } condensés en un volume.

Mais 1 volume d'azote et ½ volume d'oxigène sont chacun équivalens à 1 atome; dès lors ce gaz est composé de 1 atome d'azote, + 1 atome d'oxigène; de sorte que le poids de son atome est 2,75. La pesanteur spécifique s'obtiendra évidemment en additionnant la pesanteur spécifique de l'azote, et la moitié de celle de l'oxigène.

Pesanteur spécifique de l'azote	=	0,9722
Pesant. spécif. de l'oxigène	=	0,5555
		1,5277

J'ai pris successivement, pendant trois fois, la pesanteur spécifique de ce gaz; et chaque fois j'ai obtenu 1,5269. Ce nombre approche autant de la vérité que j'ai pu le faire avec mes balances; et il suffit amplement pour nous convaincre que la pesanteur spécifique que l'on a déduite plus haut des pesanteurs spécifiques des volumes et de la condensation des deux élémens de ce gaz, est exacte.

II. Le deutoxide d'azote, l'*air nitreux* de Priestley, est connu depuis long-temps, et a été pendant plusieurs années un objet favori de recherches parmi les chimistes. Sir H. Davy fut le premier qui entreprit une analyse exacte de ce gaz. D'après ses expériences (*Researches*, etc., p. 122), il était évident qu'il consistait à peu près en volumes égaux d'oxigène et d'azote. Gay-Lussac démontra ensuite que ses élémens étaient 1 volume d'oxigène et 1 volume d'azote, unis sans condensation. Il chauffa un peu de potassium dans 100 volumes de ce gaz; après que la combustion fut terminée et l'appareil ramené à la température du local, le gaz restant, qui était de l'azote pur, s'élevait exactement à 50 volumes. (*Mem. d'Arcueil*, II, 216.) Le potassium avait absorbé l'oxigène, qui constituait évidemment la moitié du volume du gaz primitif. Or, puisque ½ volume d'oxigène est équivalent à 1 atome, et 1 volume d'azote à 1 atome, il est évident que le deutoxide d'azote est composé de 2 atomes d'oxigène et 1 atome d'azote; conséquemment, son poids atomistique est 3,75.

La pesanteur spécifique de ce gaz est la moyenne entre les pesanteurs spécifiques de l'oxigène et de l'azote, ou 1,0416; car

La pesanteur spécifique de l'oxigène	=	1,1111
La pesanteur spécifique de l'azote	=	0,9722
	2)	2,0833
		1,0416 = pe-

santeur spécifique du deutoxide d'azote.

J'ai pris la pesanteur spécifique de ce gaz, préparé avec tout le soin possible, pour m'assurer de sa pureté. La moyenne de trois essais, différant seulement d'une unité à la quatrième décimale, était 1,04096. La petite différence entre ce résultat et le précédent déduit de la théorie, et qui n'excède pas $\frac{1}{1488}$ partie, doit être probablement due à la présence d'un peu d'azote, dont il est très-difficile de préserver ce gaz, quand il est préparé sur l'eau.

Berzélius et Dulong, dans leur mémoire sur la *pesanteur spécifique des gaz*, donnent pour celle du deutoxide d'azote, seulement 1,0010. Mais ce nombre ne peut pas être exact, car il ne s'accorde pas avec les pesanteurs spécifiques de l'oxigène et de l'azote qu'ils ont données. En effet, suivant Berzélius et Dulong, la pesanteur spécifique de ces deux gaz est :

Oxigène. .	1,1026
Azote . .	0,9760
	2) 2,0786
	1,0393 = pesanteur spéci-

fique du deutoxide d'azote, déduite de ces données.

Ces savans ont donc estimé beaucoup trop bas la pesanteur spécifique du deutoxide d'azote.

Si 1 volume de protoxide d'azote et ½ volume de gaz oxigène étaient combinés et réduits à ¾ de volume, nous obtiendrions un composé ayant les élémens et la pesanteur spécifique du deutoxide d'azote,

Car la pesanteur spécifique de l'azote = 1,5277
la ½ pesant. spéc. de l'oxigène. = 0,5555

2) 2,0833

1,0416 = la pesanteur spécifique du deutoxide d'azote.

III. L'acide nitreux est un liquide de couleur orangée que l'on peut obtenir à l'état de pureté, en exposant à la chaleur, dans une cornue, le nitrate de plomb sec, tandis que le récipient est entouré d'un mélange de sel et de neige. C'est un liquide qui, lorsqu'il est récemment préparé, a une couleur orangée; mais je n'ai jamais pu l'empêcher de devenir vert; changement que produit l'absorption d'une très-petite quantité d'eau. Cet acide fut d'abord obtenu isolé par Berzélius : Gay-Lussac, le premier, en détermina la nature; et M. Dulong l'analysa en le faisant passer à travers du fil de cuivre chauffé au rouge. L'oxigène s'unit au cuivre, tandis que l'autre élément, l'azote, s'échappa à l'état de gaz. Par cette méthode, il obtint pour élémens constituans :

Azote	1,75
Oxigène . . .	4,178

C'est un peu plus de 4 atomes d'oxigène unis à 1 atome d'azote. Mais la vraie composition de l'acide nitreux est 1 atome d'azote et 4 atomes d'oxigène, comme je vais le démontrer par l'expérience suivante que j'ai souvent répétée.

Introduisez dans un tube de verre cylindrique

d'environ $0^m,550$, et de 22 millim. de diamètre intérieur, fermé à un bout, rempli d'eau et renversé sur la cuve hydropneumatique, 100 volumes d'air commun; puis ajoutez 100 volumes de deutoxide d'azote; le mélange gazeux prendra une couleur orangée, et diminuera rapidement de volume. Quand le gaz redeviendra incolore et aura cessé de diminuer, sa masse se trouvera occuper 138 volumes.

Pour bien entendre ce qui se passe dans cette expérience, il faut nous rappeler que l'air commun consiste en 20 volumes de gaz oxigène et 80 volumes de gaz azote : la couleur jaune est occasionée par la combinaison de l'oxigène de l'air commun avec le deutoxide d'azote, d'où résulte la formation de l'acide nitreux. La totalité de l'oxigène de l'air disparaîtra, et la masse du gaz restant nous donnera le moyen de juger le volume du deutoxide avec lequel il s'est combiné.

Les expériences furent faites sur l'eau à la température $15^o,56$ c. Si l'air et le deutoxide eussent été secs, au lieu d'être saturés d'humidité, chacun aurait seulement eu 98,253 volumes au lieu de 100; en telle sorte que la totalité de la substance gazeuse employée, si elle avait été sèche, n'aurait occupé que 196,506. Les 138 volumes du gaz restant, en les supposant secs, seraient réduits à 135,589. Cette dernière quantité soustraite de 196,506 (volume primitif) laisse 60,917 pour la quantité absorbée ou convertie en acide nitreux.

Or, 98,253 volumes d'air commun en contiennent 19,65 d'oxigène, lesquels, pour être convertis en acide nitreux, doivent se combiner avec 41,267

volumes de deutoxide d'azote. Suivant cette expérience, l'acide nitreux est composé de

19,65 volumes oxigène,
41,267 volumes deutoxide d'azote;

ou

20 volumes gaz oxigène,
42 volumes deutoxide d'azote.

42 excède 20×2 seulement de 2 volumes; et ces deux volumes sont absorbés par l'air de l'eau à travers laquelle on fait passer le gaz. Cet air fait toujours disparaître un peu de deutoxide d'azote, et rend l'absorption un peu plus grande qu'elle n'est réellement dans toutes les expériences faites de cette manière.

D'après l'expérience précédente, nous pouvons donc conclure que l'acide nitreux est composé de

1 volume gaz oxigène,
2 volumes deutoxide d'azote.

Mais nous avons vu, dans un des paragraphes précédens de ce chapitre, que le deutoxide d'azote était composé de 1 volume d'azote et 1 volume d'oxigène unis sans condensation. Il est donc clair que l'acide nitreux est composé de

1 volume azote,
2 volumes oxigène.

Mais 1 volume d'azote, et ½ volume d'oxigène, étant équivalens à 1 atome, l'acide nitreux se com-

pose évidemment de

1 atome azote,
4 atomes oxigène.

Dès lors, 5,75 est le poids atomistique de cet acide.

Tels sont les poids des atomes et la constitution de tous les composés connus d'azote et d'oxigène. L'azote paraît pouvoir également se combiner avec le chlore et l'iode; les composés qu'ils forment ont la propriété de détonner avec force, et ne sont encore d'aucun usage. Je n'ai fait moi-même aucune expérience pour déterminer la composition de ces substances : mais Davy en a fait quelques-unes sur le chlorure d'azote, d'où il a conclu que ses élémens étaient

4 atomes chlore	=	18
1 atome azote	=	1,75
		19,75

Gay-Lussac, d'après des considérations théoriques, suppose que l'iodure d'azote est composé de

3 atomes iode	=	36,5
1 atome azote	=	1,75
		38,25

Il serait très-difficile d'analyser cette substance, car elle détonne au plus léger mouvement, et souvent même spontanément, sans aucune agitation.

L'azote forme avec l'hydrogène une combinaison qui est d'un grand intérêt sous le point de vue chimique; il constitue l'ammoniaque ou alcali volatil,

rons 0,590237, quantité qui diffère de la donnée du calcul de moins de $\frac{1}{10000}$ partie. Ce qu'il y a de bien certain, c'est que le poids de l'atome et la pesanteur spécifique de l'ammoniaque à l'état gazeux ont été déterminés avec précision : cependant, comme la connaissance exacte de la composition de cette substance est un point des plus importans dans la théorie de la chimie, il n'est pas hors de propos de présenter même un surcroît d'évidence; aussi donnerai-je les résultats de quelques expériences additionnelles.

1. L'oxalate d'ammoniaque est un sel neutre qui cristallise en beaux prismes transparens; il n'est pas très-soluble dans l'eau, et une analyse scrupuleuse m'a fait voir que ses élémens étaient

1 atome acide oxalique	=	4,5
1 atome ammoniaque	=	2,125
2 atomes eau	=	2,25
		8,875

8,875 parties de ce sel furent dissoutes dans une petite quantité d'eau distillée. 6,25 parties de carbonate de chaux pur (équivalent à 3,5 parties de chaux) furent également dissoutes dans l'acide muriatique; on fit évaporer la dissolution à siccité, et le résidu sec (muriate de chaux) fut redissous dans un peu d'eau. Les deux solutions étant mêlées, une double décomposition eut lieu, et l'oxalate de chaux se précipita. Aussitôt que le liquide surnageant fut devenu parfaitement clair, on l'essaya par l'oxalate d'ammoniaque et le muriate de chaux; mais aucun

de ces réactifs n'en troubla la transparence, preuve qu'il ne contenait ni chaux ni acide oxalique. Il est évident, d'après cette expérience, que 8,875 parties d'oxalate d'ammoniaque contiennent juste la quantite d'acide oxalique nécessaire pour saturer 3,5 parties de chaux. Or, 3,5 étant le poids de l'atome de chaux, l'acide oxalique dans 8,875 parties de l'oxalate doit être équivalent à 1 atome ou 4,5. Je ferai voir, en effet, par la suite que 4,5 est le poids de l'atome d'acide oxalique.

Le liquide dont on a précipité l'oxalate de chaux était neutre : dès lors l'acide muriatique dans le muriate de chaux était juste en quantité convenable pour saturer toute l'ammoniaque de 8,875 parties d'oxalate d'ammoniaque. Or, cet acide muriatique représentait exactement 4625 parties; et nous verrons dans le paragraphe suivant que 4,625 parties d'acide muriatique saturent juste 2,125 parties d'ammoniaque. Cette proportion est donc celle qui se trouve dans 8,875 parties d'oxalate d'ammoniaque.

Nous avons ainsi déterminé la proportion de l'acide et de l'ammoniaque dans 8,875 parties d'oxalate d'ammoniaque. Le surplus étant, sans aucun doute, de l'eau, il est évident que les élémens constituant ce dernier, sont

1 atome acide oxalique	=	4,5
1 atome ammoniaque	=	2,125
2 atomes eau.	=	2,25
		8,875

Le poids de l'atome d'ammoniaque dans ce sel est indubitablement 2,125.

2. Le sel ammoniac, nouvellement sublimé ou séché pendant quelque temps au bain de sable, est un sel anhydre. Il est neutre, et par conséquent composé de 1 atome d'acide muriatique et 1 atome d'ammoniaque.

1 atome acide muriatique . .	4,625
1 atome ammoniaque	2,125
	6,75

6,75 parties de sel ammoniac pur et sec furent dissoutes dans de l'eau. Dans une autre portion d'eau on fit dissoudre 21,5 parties de nitrate d'argent pur et anhydre. On mêla les deux dissolutions : il se fit une double décomposition, et le chlorure d'argent se précipita. Aussitôt que le liquide fut devenu clair, on le traita par le nitrate d'argent et le sel commun. Aucun de ces réactifs ne produisit d'effet, excepté une opalescence presque imperceptible lorsqu'on ajouta le sel commun; mais on ne remarqua aucune espèce de précipité, même après une semaine de repos.

D'après cette expérience, il est évident que 6,75 parties de sel ammoniac contiennent juste 4,625 parties d'acide muriatique; car c'est la quantité nécessaire pour saturer 14,75 parties d'oxide d'argent qui se trouvent dans 21,5 parties de nitrate d'argent. Dès lors l'autre partie constituante du sel, l'ammoniaque, doit être 2,125, parce que c'est le nombre qui manque pour remplir la quantité de sel ammoniac employée; et comme le sel ammoniac est neutre, et que 4,625 est le poids de l'atome de l'a-

cide muriatique, 2,125 doit être le poids de l'atome d'ammoniaque.

3. On enveloppa de papier non collé 13,5 parties de sel ammoniac que l'on mit dans une cornue remplie de bichlorure de chaux (poudre de Tennant), dont on avait formé une pâte claire avec de l'eau. Le bec de la cornue, également rempli d'eau, plongeait dans la cuve, sous une cloche graduée contenant aussi de l'eau. Aussitôt que le papier qui enveloppait le sel ammoniac fut assez imbibé pour que le bichlorure se trouvât en contact avec le sel, il se fit une effervescence, et il se dégagea de l'azote; effet que produit toujours le contact du chlore avec l'ammoniaque. La chaux qui était en excès dans le sel décomposa le sel ammoniac; et l'ammoniaque, à mesure qu'elle se dégagea, étant en contact avec le chlore, se décomposa à son tour; l'hydrogène s'unit avec le chlore, et l'azote se dégagea à l'état gazeux. Si l'on jette tout à la fois le sel sec dans la cornue, l'action est si violente qu'il est difficile de recueillir la totalité du gaz; mais quand le sel est enveloppé de papier, l'action est lente, et on peut recueillir tout le gaz avec la plus grande facilité. Si l'on prend pour des grains les nombres employés dans cette expérience, on trouvera que la proportion d'azote dégagée équivalait à 11,7 pouces cubes (191,72 cent. cub.) à la température de 8°,33 c., et que le baromètre était à $0^m,75,70$; ce qui reporte à 11,853 po. cub. (194,227 cent. cub.) de gaz sec, à la température de 15°,56 c., et sous $0^m,76$ de pression.

Ceci forme la totalité de l'azote qui se trouve dans 4,25 grains (275,18 milligr.) d'ammoniaque, quantité contenue dans 13,5 grains (874,12 milligr.) de sel ammoniac sec. Or, 11,853 po. cub. (194,227 c. c.) de gaz azote pèsent 3,5147 grains (227,30 milligr.). D'où il suit que le poids de l'autre partie constituant l'hydrogène, est 0,7353 grain (47,609 milligr.). En conséquence, l'ammoniaque est composée de

Azote . .	1,7573	ou	1 volume.
Hydrogène.	0,3676	—	2,94
	2,1250		

Le petit excès d'azote qui se trouve dans cette expérience est dû au mélange d'un peu d'air commun avec l'azote, parce que le gaz était resté sur l'eau pendant 24 heures.

L'expérience fut répétée sept fois de différentes manières; et le résultat moyen fut très-près de 11,8 po. cub. de gaz azote sec (193,359 cent. cub.) pour 13,5 grains (874,12 millig.) de sel ammoniac. Cette quantité de gaz pèse 3,4993 gr. (226,56 millig.), et nous donne pour composition de l'ammoniaque

Azote . . .	1,74965	ou	1 vol.
Hydrogène. .	0,37535	—	3,0028
	2,12500		

Ce résultat analytique d'expériences directes arrive à $\frac{1}{1000}$ près de l'estimation théorique; et ajouté aux faits précédens, il ne peut laisser aucun doute sur la composition de l'ammoniaque.

CHAPITRE VI.

POIDS DES ATOMES DES COMBUSTIBLES ACIDIFIABLES.

Les corps simples que j'ai désignés sous le nom de combustibles acidifiables, sont les neuf suivans :

1° Hydrogène.	4° Silicium.	7° Selenium.
2° Carbone.	5° Phosphore.	8° Arsenic.
3° Bore.	6° Soufre.	9° Tellure.

J'ai déjà traité de l'hydrogène dans le premier chapitre de cet ouvrage. J'essaierai, dans celui-ci, d'établir les poids des atomes des huit autres. Ces corps diffèrent de toutes les autres substances combustibles, par la propriété qu'ils ont d'entrer en combinaison gazeuse, soit avec l'hydrogène, soit avec l'acide fluorique; tandis qu'aucun des autres corps combustibles ne se combinent jamais avec les gaz. Il est donc très-important de connaître exactement le poids de leurs atomes, non-seulement en ce qui concerne l'analyse chimique, mais encore parce que cette connaissance jette un grand jour sur les rapports entre la pesanteur spécifique et le poids de l'atome des corps gazeux.

SECTION I.

Poids de l'atome de carbone.

Les chimistes anglais paraissent généralement s'ac-

corder sur le poids de l'atome de carbone. Il est à l'atome d'oxigène :: 6 : 8. En conséquence, si l'atome d'oxigène est pris pour unité, l'atome de carbone doit être représenté par 0,75. Berzélius, dont un grand nombre de chimistes du continent partagent l'opinion, évalue le poids atomistique de ce dernier à 0,7533. Comme ce nombre diffère de près de 1 pour 100 de 0,75, j'ai mis tous mes soins à essayer de déterminer lequel des deux approchait le plus de la vérité : je vais décrire une série d'expériences que j'ai faites avec la plus scrupuleuse exactitude et avec toute l'attention dont je suis susceptible.

Lavoisier a établi par ses expériences, et d'autres savans l'ont pleinement confirmé depuis, que, quand on brûle du carbone dans l'oxigène, le volume du gaz n'éprouve aucun changement, mais qu'il est converti en acide carbonique. Il est évident, d'après cela, que si nous soustrayons la pesanteur spécifique de l'oxigène de celle de l'acide carbonique, le reste nous donnera le poids de carbone avec lequel un volume d'oxigène s'est combiné, et par conséquent nous fournira les données nécessaires pour déterminer la composition exacte du gaz acide carbonique.

Nous possédons, sur la pesanteur spécifique du gaz acide carbonique, trois séries d'expériences qui paraissent avoir été faites avec beaucoup de soin. Voici les résultats obtenus :

	PES. SPÉC. DU GAZ ACIDE CARBONIQUE.
BIOT et ARAGO . . .	1,5196
THOMSON	1,52673
BERZÉLIUS et DULONG	1,5240

Ces résultats diffèrent trop entre eux pour que nous en puissions déduire, avec un certain degré de précision, la composition de l'acide carbonique; et nous n'avons aucun signe qui puisse nous faire découvrir lequel de ces trois résultats approche le plus près de la vérité. Mon évaluation se trouve être la plus élevée, et celle de MM. Biot et Arago la plus faible: mais si l'erreur provenait de l'impureté du gaz pesé, il est probable qu'elle diminuerait un peu la pesanteur spécifique; car l'air commun, le seul gaz qui puisse, selon toute apparence, avoir altéré la pureté du gaz acide carbonique soumis à l'expérience, est beaucoup plus léger. En adoptant cette opinion, la probabilité de l'exactitude est de mon côté; mais cela ne suffit pas pour décider la question, et encore moins pour déterminer, si le résultat que j'ai obtenu n'est pas véritablement un peu trop bas. Cette incertitude me donna l'idée d'avoir recours à une méthode semblable à celle à l'aide de laquelle les pesanteurs spécifiques de l'oxigène et de l'hydrogène ont été déterminées dans le premier chapitre de cet ouvrage. Je vais maintenant mettre sous les yeux du lecteur les résultats de ces expériences.

I. On sait que quand le carbonate de chaux (ou spath calcaire) est chauffé au rouge blanc, il perd son acide carbonique et se convertit en chaux vive. Afin de déterminer le poids de l'acide carbonique qui serait chassé, je mis des quantités données de spath calcaire cristallisé et très-pur dans un creuset de platine fermé de son couvercle, et j'exposai ce dernier à la plus forte chaleur d'un fourneau à vent. La perte de poids, dans plusieurs essais, ne fut pas

rigoureusement la même. Je me suis cependant convaincu, par un nombre d'expériences que je variai en unissant la chaux à l'acide sulfurique, et en déterminant le poids du sulfate de chaux restant après l'ignition, je me suis convaincu, dis-je, que quand on ne perd point de chaux et que le carbonate est anhydre, 100 parties, lorsqu'elles ont été privées d'acide carbonique, perdent exactement 44. Les 56 parties restantes sont de la chaux. Le carbonate de chaux est donc composé de

Acide carbonique	44	ou	11
Chaux	56	—	14
	100		25

On verra plus tard que le poids de l'atome de la chaux est 3,5. Or 14 : 11 : : 3,5 : 2,75 ; de sorte que le poids atomistique de l'acide carbonique est 2,75 (si toutefois le carbonate de chaux est composé de 1 atome de chaux et de 1 atome d'acide carbonique). On pourra voir, par l'expérience suivante, que j'ai répétée plusieurs fois, que cette détermination est rigoureusement exacte.

II. Je dois commencer par établir, ce qui sera prouvé plus tard, que 1 atome de potasse pèse 6. Cet alcali se combine en deux proportions avec l'acide carbonique, formant un *carbonate*, composé de 1 atome de potasse uni à 1 atome d'acide carbonique; et un *bicarbonate*, composé de 1 atome de potasse et de 2 atomes d'acide carbonique. Le dernier de ces sels cristallise en grands cristaux transparens, qui ne s'altèrent point par l'exposition à l'air. En An-

gleterre, où ils sont presque purs, et seulement quelquefois entachés d'un peu de chaux et d'un peu de fer, on ne peut se les procurer qu'en cet état. Quand on dissout ces cristaux dans l'eau distillée, que l'on filtre la dissolution, qu'on l'évapore à siccité, et qu'on expose le résidu salin à une chaleur rouge, on obtient un carbonate anhydre de potasse d'une grande pureté. Dissolvez dans l'eau 87 parties ½ de ce sel, et dans de l'acide muriatique 62 parties ½ de carbonate de chaux pure et anhydre; évaporez cette dernière dissolution à siccité, à une chaleur douce, afin de chasser l'excès d'acide; et dissolvez dans de l'eau distillée le muriate de chaux formé : vous obtiendrez ainsi deux dissolutions, contenant chacune des quantités déterminées d'un sel particulier : la première dissolution donnera 87 parties ½ de carbonate de potasse; et la seconde une quantité de *muriate* de chaux, équivalent à 62 parties ½ de *carbonate*. Si l'on vient à mêler ces deux dissolutions, il se fait une double décomposition; la chaux et l'acide carbonique s'unissent et se précipitent à l'état de carbonate de chaux, tandis que l'acide muriatique et la potasse restent en dissolution et constituent le muriate de potasse. Si nous examinons la liqueur claire restant après la précipitation du carbonate de chaux, nous n'y trouverons ni potasse libre, ni carbonate de potasse; car le papier réactif que l'on y plonge n'éprouve aucun changement, bien qu'une très-légère quantité d'alcali libre ou de carbonate alcalin lui donne une teinte violette. Il ne contient point non plus aucune quantité sensible de chaux, car il

n'est en aucune manière altéré par quelques gouttes d'oxalate d'ammoniaque. Quand le carbonate de chaux précipité est recueilli et séché, il représente exactement 62 parties ½, ou est juste égal à la quantité de carbonate de chaux primitivement employée; preuve évidente qu'il contient toute la chaux et tout l'acide carbonique des deux sels.

On comprendra plus facilement cette expérience, en divisant par 10 les quantités employées; ce qui nous donne 8,75 parties de carbonate de potasse, et 6,25 parties de carbonate de chaux; chacun de ces nombres constituant une particule intégrante du sel anhydre; car le carbonate de potasse est composé de

Acide carbonique . . .	2,75
Potasse	6
	8,75

et le carbonate de chaux de

Acide carbonique. . . .	2,75
Chaux	3,5
	6,25

L'acide carbonique fut séparé de ce carbonate, et un atome d'acide muriatique pesant 4,625 lui fut substitué; formant ainsi un muriate de chaux composé de

Acide muriatique.	4,625
Chaux.	3,5
	8,125

Les 3,5 parties de chaux et les 2,75 d'acide carbonique s'unirent, et formèrent 6,25 parties de car-

bonate de chaux. De la même manière, les 6 parties de potasse et les 4,625 d'acide muriatique s'unirent, et ces quantités respectives d'acide et de base se neutralisèrent exactement; car le carbonate de chaux ainsi que le muriate de potasse étaient parfaitement neutres.

Il est clair, d'après ce résultat, que le poids de l'atome d'acide carbonique est juste 2,75.

III. Les expériences précédentes prouvent deux faits d'une grande importance; savoir, 1° que 1 atome d'acide carbonique pèse 2,75; 2° que 100 parties de carbonate de chaux pur contiennent exactement 44 parties d'acide carbonique.

Le premier objet qui fixa ensuite mon attention fut d'extraire l'acide carbonique de 100 grains de spath calcaire, et de le recueillir sur le mercure afin de déterminer son volume. Cette expérience paraît si facile, que le lecteur sera tout étonné d'apprendre que j'ai été obligé, non-seulement d'employer un temps considérable, mais encore de faire plusieurs expériences infructueuses avant de pouvoir atteindre un certain degré d'exactitude.

I. La méthode à laquelle j'eus d'abord recours fut de faire passer sous une cloche de verre graduée remplie de mercure, un peu d'acide muriatique, et d'y introduire ensuite un poids donné de carbonate de chaux. Par ce moyen, l'acide carbonique se dégagea très-rapidement : mais d'après la connaissance antérieure que j'avais de la pesanteur spécifique du gaz acide carbonique, je jugeai que le volume du gaz obtenu fut toujours beaucoup plus considérable qu'il n'aurait dû être en effet. Je trou-

vai pour raison qu'une portion de l'acide muriatique s'était dégagée à l'état de gaz ; que cet acide s'était mêlé avec le gaz acide carbonique, et avait ainsi augmenté son volume : de manière que le gaz provenant de 100 gr. (6,475 gram.) de carbonate de chaux, montait quelquefois à 109 pouces cubes ½ (1794,519 cent. cub.), tandis que je savais que le vrai volume du gaz, s'il était pur, ne devait pas excéder 94 po. cub. ½ (1574,41 cent. cub.).

J'essayai d'empêcher ce dégagement du gaz acide muriatique, en me servant d'acide muriatique très-faible pour dissoudre le carbonate de chaux; mais quand l'expérience était faite de cette manière, le volume du gaz acide carbonique dégagé était toujours un peu au-dessous de la vérité : j'en attribue la cause à ce qu'une portion de l'acide carbonique restait dans l'acide muriatique liquide, et ne prenait point du tout la forme gazeuse.

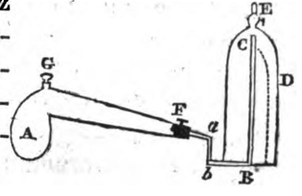
Quand j'employai l'acide acétique, le dégagement du gaz se fit très-lentement, à moins que le carbonate de chaux ne fût en poudre; et le gaz dégagé était toujours au-dessous de la vraie quantité, parce que la totalité n'avait pas pris la forme élastique.

L'acide sulfurique n'a pas bien réussi, parce que le sulfate de chaux formé enveloppait le carbonate de chaux, le protégeait contre l'action de l'acide, et empêchait ainsi d'obtenir la totalité du gaz.

Les acides oxalique, tartarique et citrique ne purent pas être employés, pour une raison semblable. L'acide nitrique fut exclu, parce qu'il agissait sur le mercure.

Toutes mes tentatives pour déterminer le volume de gaz acide carbonique dégagé d'un poids donné de carbonate de chaux devenant ainsi infructueuses, j'eus recours à une autre méthode qui m'a parfaitement réussi.

Au bec d'une petite cornue A, je lutai un long tube de verre courbé, à angle droit en *a b* et B. la partie droite B C était assez longue pour atteindre presque le haut d'une cloche graduée D, laquelle était garnie d'un robinet au sommet E.



La capacité de la cornue était 36 pouces cubes (589,90 cent. cub.). Cet appareil fut placé dans la cuve à mercure, de manière que la cloche pût recouvrir le tube ascendant B C. Le robinet F étant fermé, j'ouvris le robinet E, et avec la bouche j'aspirai l'air de la cloche jusqu'à ce qu'il n'en restât plus que 5 po. cub. (8 1,93 cent. cub.) sur une colonne de 8 po. (203,198 millim.) de mercure; le robinet E fut alors fermé. J'ôtai ensuite le bouchon G, le robinet E restant fermé, et je versai dans la cornue 1 po. cub. (16,386 cent. cub.) d'acide nitrique concentré; 100 grains (6,475 gram.) de carbonate de chaux en trois ou quatre morceaux furent alors jetés dans la cornue, et le bouchon étant à l'instant remis en place, le robinet F fut ouvert. Tout le carbonate de chaux fut promptement dissous, et le gaz acide carbonique se porta dans la cloche D. Quand l'opération fut achevée, je

notai le volume du gaz dans la cloche, la hauteur de la colonne de mercure au-dessous (généralement de 1 po. environ), ainsi que les hauteurs du baromètre et du thermomètre. Connaissant exactement quel était le volume de l'air dans l'appareil, avant que l'opération ne fût commencée, il était facile, en le soustrayant de toute la quantité du gaz contenue dans la cloche après l'expérience, de déduire le volume du gaz dégagé. Toutes les réductions nécessaires étant faites, le volume de gaz acide carbonique extrait de 100 grains (6,475 gram.) de carbonate de chaux, en supposant le baromètre à $0^{m},76$, le thermomètre à $15^{\circ},56$ c., et le gaz parfaitement sec, montait à 94,426 pouces cub. (1547,30 cent. cub.), résultat moyen de deux expériences faites avec un très-grand soin.

Or, nous avons vu que le poids de ce volume de gaz acide carbonique était 44 grains (2,849 gram.) : conséquemment 100 po. cub. (1638,648 cent. cub.) de gaz acide carbonique doivent peser 46,5973 gr. (3,017 gram.) Mais 100 po. cub. (1638,648 c. c.) d'air pesant 30,5 grains (1,974,87 gram.), nous avons donc

30,5 : 46,5973 :: 1 : 1,52778 = pesanteur spécifique du gaz acide carbonique.

Ainsi la pesanteur spécifique du gaz acide carbonique, déterminée en prenant le volume d'un poids donné, monte à 1,52778. Au moyen d'un nonius et d'une loupe, j'ai pu mesurer avec précision le volume du gaz jusqu'à la millième partie d'un pouce cube (16 cent.). Le résultat doit donc approcher

très-près de la vérité; cependant il n'est pas tout-à-fait exact; mais, à l'aide d'une loi que j'exposerai plus au long dans le chapitre suivant, nous pouvons déterminer la pesanteur spécifique de ce gaz avec une exactitude mathématique; car le poids de son atome, multiplié par 0,5555 (moitié de la pesanteur spécifique de l'oxigène), est égal à sa pesanteur spécifique. Or, nous avons vu que le poids de l'atome de cet acide est 2,75, et $2,75 \times 0,5555 = 1,5277$; ce qui est la vraie pesanteur spécifique de ce gaz. L'estimation déduite du procédé que j'ai exposé plus haut, n'excède pas cette dernière quantité de $\frac{1}{750,000}$ partie.

La pesanteur spécifique du gaz acide carbonique étant ainsi déterminée avec une exactitude rigoureuse, il nous suffira d'en soustraire la pesanteur spécifique de l'oxigène, pour connaître le poids du carbone combiné dans l'acide, avec un volume d'oxigène.

Pesant. spécifi. du gaz acide carbonique	1,5277
Gaz oxigène. . . .	1,1111
Carbone =	0,4166

Ainsi, nous voyons que cet acide est composé de

Oxigène	1,1111	ou 2
Carbone	0,4166	— 0,75

Le nombre 2 indique 2 atomes d'oxigène, et 0,75 doit être le poids de l'atome de carbone. Il paraît donc que l'acide carbonique est composé de 2 atomes d'oxigène et de 1 atome de carbone (1).

(1) Si les pesanteurs spécifiques du gaz oxigène et du gaz acide

Le carbone, dans ce gaz, est évidemment à l'état de vapeur, et si nous le considérons comme composé de 1 volume d'oxigène et 1 volume de vapeur de carbone, condensés en 1 volume, il est clair que la pesanteur spécifique de la vapeur de carbone est 0,4166, ainsi qu'il arrive pour les gaz hydrogène, azote et chlore; donc 1 volume est équivalent à 1 atome.

II. Le carbone forme une autre combinaison gazeuse avec l'oxigène, que l'on connaît sous le nom d'*oxide de carbone*. Le poids de l'atome de ce gaz n'est pas d'une importance aussi grande que celle de l'atome d'acide carbonique, parce que nous ne connaissons aucun composé dont il soit partie constituante; mais il est cependant convenable de le déterminer, parce que sa connaissance nous servira à éclaircir et à confirmer les conclusions précédentes relatives au poids de l'atome de carbone.

L'oxide de carbone fut découvert par le Dr Priestley, et M. Cruikshanks en reconnut le premier la nature. MM. Clément et Desormes firent sur cette substance une série d'expériences presqu'à la même époque que Cruikshanks, ou peu de temps après,

carbonique étaient 1,1026 et 1,5240, comme Berzélius et Dulong l'ont établi, l'atome de carbone serait 0,76438, nombre beaucoup plus considérable que celui sur lequel Berzélius s'est arrêté; car 1,5240 — 1,1026 = 0,4214 = la quantité de carbone contenue dans un volume d'acide carbonique; de sorte que l'acide carbonique serait composé de

Oxigène	. .	1,1026 ou 2
Carbone	. .	0,4214 ou 0,76438

Il est évident d'après cela que ces pesanteurs spécifiques ne peuvent pas être exactes.

et ils reconnurent ainsi que lui, que c'est un composé d'oxigène et de carbone, sans aucune proportion d'hydrogène.

Je ne suis jamais parvenu à obtenir ce gaz complétement privé de tout mélange d'hydrogène carburé. D'après mes essais, sa pesanteur spécifique est de 0,9700. Mais, à cause de l'hydrogène carburé qu'il contenait, ce résultat est trop bas. Berzélius et Dulong fixent cette pesanteur spécifique à 0,9727; et ce nombre, quoiqu'un peu trop haut, se rapproche beaucoup plus de la vérité que l'évaluation à laquelle je suis arrivé.

Lorsque 100 volumes de ce gaz sont mélangés avec 50 volumes d'oxigène, et que l'on fait passer une étincelle électrique à travers le mélange, la combustion a lieu : les deux gaz se combinent, et l'on obtient une quantité de gaz acide carbonique juste égale au volume primitif du gaz oxide de carbone employé. Ce fait, suffisamment établi par l'expérience, nous mettra à même de déterminer la vraie pesanteur spécifique de ce gaz, sa constitution et le poids de son atome.

1. Puisque ½ volume de gaz oxigène ajouté à 1 volume de gaz oxide de carbone constitue 1 volume de gaz acide carbonique, il est évident que, si de la pesanteur spécifique de l'acide carbonique on soustrait la moitié de celle du gaz oxigène, le restant donnera la pesanteur spécifique du gaz oxide de carbone.

Pesant. spéc. du gaz acide carbonique	=	1,5277
½ pesant. spéc. du gaz oxigène. . .	=	0,5555
Pesant. spéc. du gaz oxide de carbone	=	0,9722

Ainsi nous voyons que la pesanteur spécifique de ce gaz est 0,9722, ou exactement la même que celle du gaz azote. La pesanteur spécifique de ce gaz, donnée par Berzélius et Dulong, excède la véritable d'un peu plus de $\frac{1}{2000}$.

2. J'ai fait remarquer, dans une des premières parties de ce chapitre, que le gaz acide carbonique contient juste son propre volume de gaz oxigène. Mais pour convertir un volume d'oxide de carbone en un volume d'acide carbonique, on doit ajouter ½ volume d'oxigène. Il est clair, d'après cela, que 1 volume d'oxide de carbone contient juste le même volume de carbone que le gaz acide carbonique, et seulement la moitié du volume d'oxigène. Il doit en conséquence se composer de 1 volume de vapeur de carbone et ½ volume de gaz oxigène, condensés en 1 volume.

1 volume de vapeur de carbone pèse .	0,4166
½ volume de gaz oxigène	0,5555
Pesant. spéc. du gaz oxide de carbone =	0,9722

3. Un volume de vapeur de carbone et ½ volume de gaz oxigène étant équivalens à 1 atome, il est clair que l'oxide de carbone est composé de 1 atome de carbone et de 1 atome d'oxigène. Dès lors, son poids atomistique est 1,75.

Ainsi, nous avons deux composés de carbone et d'oxigène.

	CARBONE.		OXIGÈNE.
Oxide de carbone composé de	1 atome	+	1 atome
Acide carbonique	1	+	2 atomes.

Le dernier des deux seulement possède des propriétés acides; et le premier n'a aucune tendance à s'unir avec les bases alcalines.

III. Il existe plusieurs combinaisons gazeuses de carbone et d'hydrogène, que pendant long-temps on a confondues, sous la dénomination générale d'airs inflammables pesans. Leur nature et leur composition méritent d'être indiquées, parce qu'elles constituent les substances gazeuses employées pour l'éclairage, et à cet égard, elles diffèrent considérablement les unes des autres. On peut les diviser en deux espèces, que l'on a désignées sous les noms de *gaz oléfiant* et de *gaz hydrogène carburé*.

I. Le gaz oléfiant fut d'abord examiné par les chimistes hollandais; mais c'est à M. Dalton que nous sommes redevables de la connaissance exacte de sa composition. La pesanteur spécifique de ce gaz, déterminée par mes expériences, est de 0,9709; mais Dulong et Berzélius l'ont portée jusqu'à 0,9804. On va voir tout-à-l'heure que mon résultat est d'environ $\frac{1}{748}$ trop bas, et que celui de Berzélius et Dulong est de $\frac{1}{118}$ trop haut.

Il y a long-temps que M. Dalton a fait voir, et mes expériences l'ont confirmé, que 1 volume de gaz oléfiant exige pour sa combustion complète 3 volumes de gaz oxigène, et que le gaz restant après la combustion se compose de 2 volumes de gaz acide carbonique. Ce fait étant connu, nous pourrons déterminer, avec une rigoureuse précision, la pesanteur spécifique, la composition et le poids de l'atome de ce gaz.

1. Trois volumes de gaz oxigène étant nécessaires

pour en consumer un de gaz oléfiant, d'où résultent 2 volumes d'acide carbonique, il est évident que l'on n'a employé que 2 volumes de gaz oxigène pour former l'acide carbonique ; l'autre volume d'oxigène doit avoir servi à former de l'eau, et doit s'être combiné avec une quantité d'hydrogène telle que si cette quantité était restée libre et à l'état gazeux, elle aurait formé juste 2 volumes. Les 2 volumes de gaz acide carbonique contenaient chacun 1 volume de vapeur de carbone.

Ainsi, il paraît que 1 volume de gaz oléfiant est composé de 2 volumes de vapeur de carbone, et de 2 volumes de gaz hydrogène, condensés en 1 volume. La pesanteur spécifique de ce gaz s'obtiendra donc en multipliant la pesanteur spécifique de la vapeur de carbone, par 2, avec celle du gaz hydrogène.

2 pesant. spéc. de la vapeur de carbone	= 0,8333
2 pesant. spéc. du gaz hydrogène. .	= 0,1388
Pesant. spéc. du gaz oléfiant	= 0,9722

Il paraît, d'après cela, que le gaz azote, le gaz oxide de carbone et le gaz oléfiant, ont la même pesanteur spécifique.

2. Dans le cas de la vapeur de carbone et du gaz hydrogène, 1 volume équivaut à 1 atome ; de sorte que le gaz oléfiant se compose de 2 atomes de carbone et de 2 atomes d'hydrogène, ce qui est la même chose que 1 atome de carbone et 1 atome d'hydrogène. Conséquemment, ce composé gazeux devrait être désigné sous le nom d'*hydrogène carburé*, si malheureusement on n'avait pas donné antérieurement ce nom à un autre gaz.

Cette combinaison du carbone et de l'hydrogène, atome à atome, dans l'état gazeux, mérite de fixer toute notre attention. Je crois qu'il n'existe pas moins de cinq espèces de gaz ou vapeurs composées de ces deux substances et dans cette proportion, mais groupées par couples de différentes manières.

Le premier de ces gaz se compose de

1 volume vapeur de carbone }
1 volume gaz hydrogène } condensés en 1 vol.

Sa pesanteur spécifique est 0,4861. Un volume de ce composé exige pour sa combustion complète 1 volume ½ de gaz oxigène, et après la combustion, il reste 1 volume de gaz acide carbonique.

Les chimistes n'ont point encore rencontré ce gaz particulier; cependant je ne vois pas de raison pour douter de son existence. Il est probable qu'il entre quelquefois dans la composition du gaz de la houille.

Le second est le *gaz oléfiant*, composé de

2 volumes vapeur de carbone }
2 volumes gaz hydrogène } condensés en 1 vol.

Sa pesanteur spécifique est 0,9722. Un volume de ce gaz exige pour sa combustion complète 3 volumes d'oxigène. Après la combustion, il reste 2 volumes de gaz acide carbonique.

On forme le gaz oléfiant en faisant chauffer de l'alcool et de l'acide sulfurique dans la proportion d'une partie du premier et de quatre du dernier; il existe comme partie constituante du gaz de la houille.

Le troisième est composé de

3 volumes vapeur de carbone 3 volumes gaz hydrogène	condensés en 1 vol.

Sa pesanteur spécifique est 1,4583. Il faut quatre fois son volume de gaz oxigène pour opérer sa combustion complète, après laquelle il reste 3 volumes de gaz acide carbonique.

M. Dalton a découvert que ce gaz entrait dans la composition de celui que l'on extrait de l'huile de baleine chauffée au rouge. On l'emploie pour l'éclairage sous le nom de *gaz de l'huile.*

Le quatrième gaz est formé de

4 volumes vapeur de carbone 4 volumes hydrogène	condensés en 1 vol.

Sa pesanteur spécifique est 1,9444. Ce gaz exige quatre fois son volume d'oxigène pour sa combustion complète; et quand on en brûle ainsi 1 volume, il laisse 4 volumes de gaz acide carbonique comme résidu.

La vapeur de l'éther sulfurique constitue un corps gazeux de cette espèce. Mais dans cette vapeur, il existe également 1 volume de vapeur d'eau. Dès lors la pesanteur spécifique de la vapeur de l'éther est 2,5694; car cette vapeur est composée de

1 volume quadrocarbure d'hydrogène	1,9444
1 volume vapeur d'eau	0,6250
Pesant. spéc. de la vapeur d'éther =	2,5694

Le cinquième consiste en

6 volumes vapeur de carbone } condensés en 1 vol.
6 volumes gaz hydrogène }

Sa pesanteur spécifique est 2,9166. Il faut neuf fois son volume d'oxigène pour consumer ce gaz complètement; et quand de cette manière on en a consumé 1 volume, il reste pour résidu 6 volumes d'acide carbonique.

Il me semble que la vapeur du naphte, tirée de la houille, nous offre un gaz de cette espèce. Ce gaz ne se condense point lorsqu'on le fait passer dans l'eau; et c'est, je crois, ce qui lui donne son odeur particulière.

Ces corps gazeux sont principalement employés pour l'éclairage des rues et des maisons. Or, il est évident que la quantité de lumière que ces gaz donneront en brûlant, sera proportionnelle au nombre de volumes de carbone, condensés en 1 volume de gaz. Le gaz oléfiant brûle avec beaucoup d'éclat; mais la vapeur de naphte donne trois fois autant de lumière, à volume égal. Cette vapeur serait donc la meilleure substance à employer pour l'éclairage, si l'on pouvait lui enlever son odeur; la méthode la plus simple pour y parvenir serait d'en consumer la totalité, et que rien ne s'échappât sous forme de vapeur de naphte.

II. L'hydrogène carburé ne peut s'obtenir pur qu'en remuant, pendant un temps chaud, la boue qui est au fond des eaux stagnantes. C'est M. Dalton qui le premier l'examina avec attention; et moi-même, peu de temps après, je publiai une suite d'expériences sur ce gaz, dans le premier volume des *Mémoires de la société Wernerienne*. En deux diffé-

rentes fois, je déterminai sa pesanteur spécifique avec beaucoup de soin. Ce gaz, recueilli à Restalrig près d'Edimbourg, avait pour pesanteur spécifique 0,5554. La densité moyenne de trois échantillons, pris dans le voisinage de Glascow, fut 0,5576. Il est bon de présenter chacun de ces essais; car le gaz fut recueilli à trois différentes reprises.

1er essai . .	0,5602
2e essai . .	0,5558
3e essai . .	0,5570

Il est évident que le gaz hydrogène carburé n'était pas d'une égale pureté dans chacun des échantillons; le plus pur était le second; et sa pesanteur spécifique est celle qui se rapproche le plus de mes expériences antérieures. Le terme moyen des deux essais nous donne 0,5556, nombre qui, sans aucun doute, est très-voisin de la vérité. Berzélius et Dulong établissent la pesanteur spécifique de ce gaz à 0,5590 : ce qui s'accorde assez avec celle du premier échantillon que j'ai recueilli près de Glascow.

On a prouvé, par des expériences exactes, que 1 volume de gaz hydrogène carburé exigeait pour sa combustion complète 2 volumes d'oxigène, et que le résidu gazeux était 1 volume d'acide carbonique. Il est facile de déduire de ce fait, la vraie pesanteur spécifique, la composition et le poids de l'atome de ce gaz.

1. Un volume de gaz oxigène doit avoir contribué à la formation de l'acide carbonique, et s'être uni à 1 volume de vapeur de carbone; l'autre volume d'oxigène doit avoir servi à la formation de l'eau, et s'être

uni à 2 volumes d'hydrogène; ainsi il paraît que les constituans de l'hydrogène carburé sont 1 volume de vapeur de carbone et 2 volumes d'hydrogène, condensés en 1 volume. Dès lors, on obtiendra la pesanteur spécifique de ce gaz en ajoutant celle de la vapeur de carbone à deux fois la pesanteur spécifique de l'hydrogène.

Pesant. spéc. de la vapeur de carbone	=	0,4166
2 pesanteur spéc. d'hydrogène	=	0,1388
Pesant. spéc. de l'hydrogène carburé	=	0,5555

ou, sa pesanteur spécifique est exactement la moitié de celle de l'oxigène.

2. Relativement à la vapeur de carbone et de gaz hydrogène, nous pouvons substituer les atomes aux volumes; il est donc évident que ce gaz est composé de 1 atome de carbone et 2 atomes d'hydrogène; et comme 1 atome de carbone pèse 0,75 et 1 atome d'hydrogène 0,125, le poids de l'atome de cette substance est l'unité, ou le même que celui de l'oxigène. Sa pesanteur spécifique est seulement la moitié de celle de l'oxigène, parce que 1 volume d'oxigène est égal à 2 atomes; tandis que 1 volume de ce gaz équivaut seulement à 1 atome.

III. Il existe une troisième combinaison de carbone et d'hydrogène, que nous connaissons depuis que le gaz de la houille est employé pour l'éclairage. Ce gaz fut d'abord observé par M. Garden, qui décrivit, en 1820, quelques-unes de ses propriétés les plus remarquables. (*Annals of philosophy*, XV, 17.) Bientôt après, j'obtins de M. Cooper une

quantité considérable de cette substance, que je purifiai par sublimation et que je soumis à l'analyse chimique. Le Dr Kid fit avec cette substance, qu'il nomma *naphtaline*, une série d'expériences importantes, qui furent publiées dans les *Transactions philosophiques* de 1821. Je ne puis que renvoyer le lecteur à cet intéressant mémoire, dans lequel il trouvera une explication satisfaisante de la formation et des propriétés de ce singulier combustible : cependant comme le Dr Kid n'a point fait d'expériences pour déterminer quelles étaient ses parties constituantes, il peut être bon de présenter ici les résultats que j'ai obtenus. Un grain ¼ (70,93 mil.) de naphtaline en lames cristallines fut mêlé avec suffisante quantité d'oxide de cuivre, et chauffé dans un tube de même métal, auquel était luté un tube de verre rempli de fragmens de muriate de chaux fondu. Le gaz dégagé fut recueilli sur le mercure : c'était de l'acide carbonique pur ; il y en avait 8,85 po. cub. (145,120 cent. cub.) L'augmentation de poids du muriate de chaux fut de près de 1,125 gr. (72,83 m.) Or, 8,85 po. cub. (145,120 cent. cub.) pèsent très-près de 4,125 grains (267,08 mil.), et contiennent 1,125 de carbone ; et d'un autre côté, 1,125 d'eau contient 0,125 d'hydrogène. Or 1,125 de carbone = 1 atome ½ ; tandis que 0,125 hydrogène est 1 atome d'hydrogène. Conséquemment, la naphtaline est composée de

1 atome ½ carbone	1,125
1 atome hydrogène	0,125
	1,25

C'est donc un sesquicarbure d'hydrogène. Selon le Dr Kid, la pesanteur spécifique de la naphtaline est un peu plus considérable que celle de l'eau. Je l'ai trouvée seulement de 0,7812 à 15°,56 c., et je suis disposé à attribuer cette apparente légèreté aux pores qu'elle contient; car lorsqu'elle a été digérée dans l'acide nitrique, sa pesanteur spécifique devient 1,23. Mais cette digestion convertit cette substance en une espèce d'acide de couleur jaune, altère ses propriétés, et lui en communique qui sont très-différentes de celles de la naphtaline pure.

SECTION II.

Du poids de l'atome de bore.

Les expériences qui ont été faites par MM. Davy, Gay-Lussac et Thénard, pour déterminer la composition de l'acide borique, par l'augmentation de poids qui a lieu quand le bore est converti en acide borique, diffèrent tellement les unes des autres qu'on ne peut accorder de confiance à aucune d'elles. Davy a remarqué qu'il fallait 30 grains (194,25 millig.) de potassium pour réduire une quantité d'acide borique capable de fournir 2,375 grains (153,786 millig.) de bore. Or, 30 grains de potassium convertis en potasse (comme ils l'ont été dans l'opération), ont absorbé 6 grains d'oxigène. Dès lors, l'acide borique est composé de

Bore	2,375 ou	1
Oxigène . . .	6 ou	2,52

Le même chimiste trouva ensuite que 1 grain (64,75 millig.) de bore, pour se convertir en acide borique, absorbe 5,125 po. cub. (102,409 cent. cub.) d'oxigène ou 1,7368 gr. : ce qui nous donne pour composition de cet acide :

Bore	1
Oxigène	1,7368

La moyenne de ces deux expériences nous donne pour les composans de l'acide borique :

Bore	1
Oxigène	2,128

Or je suis persuadé que ce résultat approche plus de la vérité, qu'aucune des analyses qui ont été présentées au public.

Gay-Lussac et Thénard avancent que le bore, en se convertissant en acide borique, absorbe seulement la moitié de son poids d'oxigène : cette assertion est certainement très-inexacte. Le résultat obtenu par Davy est, je crois, environ ⅛ au-dessous de la vérité; mais celui des deux chimistes français ne saurait être moins de ¾ également au-dessous des proportions réelles.

J'ai publié dans le second volume des *Annales de philosophie* (2me série), une suite d'expériences sur l'acide borique, d'où j'ai déduit 2,75 comme le poids probable de l'atome de cet acide : cependant mes expériences, qui avaient pour but l'analyse du borax, n'étaient pas tout-à-fait concluantes; ce qui provenait de la difficulté de pouvoir recueillir et peser la totalité

de l'acide borique. Je n'avais pas alors examiné avec assez d'attention le *gaz acide fluoborique*. J'ai vu depuis que cette singulière combinaison nous donne le moyen de déterminer le poids de l'atome de l'acide borique, avec une exactitude rigoureuse.

1. Nous ferons voir, dans le quinzième chapitre de ce Traité, que le poids de l'atome de l'acide fluorique est 1,25. On peut obtenir le gaz acide fluoborique, en mêlant de l'acide borique anhydre et du spath fluor (fluate de chaux) pulvérisé, et en exposant le mélange à la chaleur rouge, dans un tube de fer, ou simplement en chauffant dans une cornue (comme l'a découvert le premier le Dr John Davy) un mélange de 1 partie d'acide borique, de 2 parties de fluate de chaux, et de 12 parties d'acide sulfurique. J'ai recueilli une certaine quantité de ce gaz : j'ai essayé sa pesanteur spécifique à deux différentes fois, et j'ai obtenu chaque fois le même résultat, c'est-à-dire : 2,3709.

En faisant absorber ce gaz par l'eau, j'observai qu'il y avait un léger dépôt de silice, ce qui indiquait un mélange de gaz fluosilicique, dont je déterminai le volume en pesant cette silice; et en le déduisant, je trouvai la pesanteur spécifique de l'acide fluoborique de 2,38833. Un examen attentif de l'eau qui contenait le gaz acide fluoborique, m'y fit découvrir une petite quantité d'acide sulfurique; il y en avait environ 0,8 gr. (51,80 millig.) dans 100 po. cub. (1638,648 cent. cub.) du gaz. Ayant également déduit cette quantité, la pesanteur spécifique du gaz acide fluoborique pur devint 2,3622 (1).

(1) Le Dr Davy a trouvé pour pesanteur spécifique de ce gaz

2. Le Dr Davy a trouvé que le gaz acide fluoborique et l'ammoniaque se combinent dans les trois proportions suivantes :

(A)	1 volume de gaz fluoborique 1 vol. de gaz ammoniacal	formant un sel solide.
(B)	1 volume de gaz fluoborique 2 vol. de gaz ammoniacal	formant un liquide.
(C)	1 volume de gaz fluoborique 3 vol. de gaz ammoniacal	formant un liquide.

Nous démontrerons, dans le septième chapitre de cet ouvrage, que, dans le plus grand nombre des gaz, un volume représente 1 atome; mais il n'en est point ainsi pour l'ammoniaque à l'état gazeux; il faut 2 volumes de ce gaz pour constituer 1 atome. On peut de là raisonnablement conclure que, dans les combinaisons qui précèdent, la seconde est celle qui, dans sa constitution, représente 1 atome de chaque élément. Nous pouvons donc, d'après cette donnée, déterminer le poids de l'atome de l'acide fluoborique.

1 volume de gaz fluoborique pèse . .	2,3622	ou 4,2519
2 volumes de gaz ammoniac	1,18055	ou 2,125

2,125 est le poids de 1 atome d'ammoniaque; conséquemment 4,2519 est le poids de 1 atome d'acide fluoborique. La loi du Dr Prout, que l'on trouvera applicable aux poids des atomes de tous les corps, nous fait voir que ce nombre est un peu trop haut.

2,3709; c'est exactement le même nombre que j'ai obtenu; il est un peu au-dessus de la vérité, sans doute à cause d'une petite quantité d'acide fluosilicique ou sulfurique, ou de l'un et de l'autre.

Le véritable poids de l'atome est sans aucun doute 4,25; donc la vraie pesanteur spécifique du gaz acide fluoborique est 2,3611, qui ne diffère pas de $\frac{1}{2000}$ de la pesanteur spécifique que j'ai déterminée.

3. Le poids de l'atome de l'acide fluoborique est donc 4,25, et 1,25 celui de l'atome de l'acide fluorique : dès lors l'acide fluoborique est composé de

Acide fluorique . .	1,25
Acide borique . . .	3,00
	4,25

donc 3 est le poids de 1 atome dans l'acide borique; car les expériences de Davy sur la composition de cet acide, l'analyse du borate d'ammoniaque, par Berzélius, et celle que j'ai faite du borax, montrent qu'il ne saurait y avoir dans l'acide fluoborique ni plus ni moins d'un atome d'acide borique, uni à un atome d'acide fluorique.

D'après les expériences analytiques de Davy[1], il est clair que 1 atome de bore = 1, et que l'acide borique est composé de

1 atome bore	= 1
2 atomes oxigène	= 2
	3

4. J'imaginai qu'en chauffant ensemble du carbonate de potasse sec et de l'acide borique anhydre, je pourrais, par la quantité d'acide expulsé, obtenir quelques données sur le poids de l'atome de l'acide borique. On fit fondre dans un creuset de platine du carbonate de potasse, dont la quantité varia dans

diverses expériences, depuis 80 jusqu'à 100 parties : puis on ajouta 9 parties d'acide borique anhydre. La fusion fut continuée ordinairement pendant une heure ou une heure et demie, et, dans une circonstance, pendant deux heures : la perte de poids, dans les différentes expériences, ne fut pas uniforme ; la plus petite perte s'éleva à 6,8 parties, et la plus grande à 8.

Il est évident que, dans ces expériences, la plus grande perte de poids approche davantage de la vérité. Huit parties sur 100, perte maximum de poids, est même un peu au-dessous de la quantité réelle d'acide carbonique qui devrait avoir été déplacée. La diversité de ces résultats et la difficulté d'expulser entièrement l'acide carbonique dépendent, je pense, de ce que l'acide borique a une tendance à tomber au fond de la masse fondue, et à y rester. Alors il est difficile d'amener et de maintenir au contact l'acide et le carbonate, jusqu'à ce que la totalité de l'acide puisse entrer en combinaison avec la potasse et déplacer l'acide carbonique. J'ai remarqué que je réussissais mieux en plaçant l'acide sur la surface de l'alcali.

Mais voyons quel sera le poids de l'acide borique, en supposant que 9 parties de cet acide satureront autant de potasse que 8 parties d'acide carbonique. 8 : 9 : : 2,75 : 3,09375 = le poids de l'atome d'acide borique. Cette quantité approche du nombre 3 que nous avons présenté comme le vrai poids de l'atome de l'acide borique, et montre encore davantage l'inexactitude des expériences dont j'avais déduit 2,75 pour le poids de l'atome.

5. L'acide borique, dans l'état où on l'obtient ordinairement du borax par précipitation, se présente sous forme de paillettes blanches, opaques, contenant une très-grande quantité d'eau. Nous avons essayé, sir H. Davy, Berzélius et moi, de déterminer la quantité d'eau contenue dans ces espèces d'écailles. L'expérience offre beaucoup de difficulté. J'ai adopté une autre méthode, après m'être bien convaincu que mes premières expériences étaient fausses, et j'ai tâché d'empêcher la volatilisation de l'acide borique en mêlant l'acide hydraté avec une quantité considérable de protoxide de plomb. Néanmoins je trouvai encore que la perte de poids montait à 44 pour cent. Voici les résultats tels qu'ils furent obtenus par Davy, Berzélius et moi. Ils donnent, pour composition de l'hydrate :

	DAVY.	BERZÉLIUS.	THOMSON.
Acide réel	57	56	56
Eau	43	44	44

Quoique je n'aie pu découvrir la cause de mon manque de succès, je suis persuadé que Davy s'est approché le plus près de la vérité. Si l'acide hydraté contient 2 atomes d'eau unis à 1 atome d'acide, ses élémens seront

1 atome acide borique	3	ou	57,143
2 atomes d'eau . . .	2,25	ou	42,857
	5,25		100

ce qui s'accorde presque avec l'expérience de Davy.

6. On a analysé jusqu'à présent très-peu de bo-

rates; et, parmi le très-petit nombre de ceux que l'on a soumis à l'analyse, il en est peu qui l'aient été avec exactitude. Il me semble cependant que nous pouvons conclure, de l'analyse du borate d'ammoniaque par Berzélius, que ce sel est composé de

1 atome acide borique .	3
1 atome ammoniaque. . .	2,125
2 atomes eau	2,25
	7,375

Berzélius obtint

Acide borique .	2,659
Ammoniaque .	2,125
Eau.	2,25
	7,034

7. Je ne connus le procédé que M. Arfwedson emploie pour analyser les borates au moyen du fluate de chaux, qu'après m'être assuré du véritable poids de l'atome d'acide borique, au moyen de la pesanteur spécifique et des combinaisons de l'acide fluoborique. Ce chimiste, pour faire cette opération, mêle le borate à examiner avec une quantité déterminée de fluate de chaux réduite en poudre très-fine; puis il expose le mélange à la chaleur dans un creuset de platine, avec la quantité d'acide sulfurique nécessaire. L'acide borique se dégage à l'état d'acide fluoborique, et la base du borate reste combinée avec l'acide sulfurique. Dans les borates alcalins, la base, lorsqu'elle est convertie en sulfate, est soluble dans l'eau; on peut en conséquence l'obtenir isolément, et il est facile de trouver son poids. J'ai eu

recours à cette méthode pour déterminer celui de la soude, dans le borax; car ma première analyse de ce sel était évidemment inexacte. 1° dix-neuf parties de borax ayant été graduellement élevées à la chaleur rouge, dans un creuset de platine, jusqu'à ce qu'il ne s'exhalât plus d'eau, on trouva qu'il y avait, à très-peu de chose près, 9 parties juste de perte. 2° dix-neuf parties du même sel et 9,5 de fluate de chaux en poudre très-fine ayant été bien mêlées, on en fit une pâte avec de l'acide sulfurique, dans un creuset de platine. Après une digestion de vingt-quatre heures, le mélange fut exposé à une forte chaleur rouge. La matière restant dans le creuset était blanche, et pesait environ 26. Cette matière fut mise en digestion dans l'eau, laquelle fit dissoudre le sulfate de soude et un peu de sulfate de chaux. On mit dans la liqueur de l'oxalate d'ammoniaque pour précipiter la chaux. On filtra, on évapora à siccité, et le sel résidu fut exposé à une chaleur rouge; il pesait 9, à $\frac{1}{1000}$ près; ce qui indiquait 4 parties de soude. Il paraît donc que 19 parties de borax cristallisé en contiennent 4 de soude et 9 d'eau. Les 6 parties qui manquent pour compléter la totalité du poids, doivent représenter l'acide borique contenu dans le sel. Le lecteur observera que la quantité primitive des substances mises dans le creuset (abstraction faite de l'eau) était 19,5 que nous retrouvons ici.

Borax anhydre	10
Fluate de chaux	9,5
	19,5

L'acide borique du borax et l'acide fluorique du fluate de chaux furent expulsés, et remplacés par l'acide : or 9,5 parties de fluate de chaux sont composées de

chaux . . .	7,0
acide fluorique	2,5
	9,5

Sept parties de chaux en exigent 10 d'acide sulfurique pour leur saturation; en telle sorte que le sulfate de chaux du résidu montait à 17 parties : les 9 parties restant étaient du sulfate de soude, et elles avaient pour constituans

soude	4
acide sulfurique. .	5
	9

mais la quantité primitive du borax anhydre était 10, et contenait évidemment 6 parties d'acide borique : tous les résultats de cette opération se confirment mutuellement l'un par l'autre, et démontrent que le borax est composé de

2 atomes acide borique	6
1 atome soufre . . .	4
8 atomes eau. . . .	9
	19

8. Arfwedson a employé un procédé semblable pour analyser la boracite; et il résulte de son ana-

lyse que ce minéral, qui est un biborate de magnésie, est conséquemment composé de

2 atomes acide borique	6
1 atome magnésie	2,5
	8,5

Ce sel est complètement anhydre.

SECTION III.

Poids de l'atome de silicium.

Quoique, d'après les expériences de sir H. Davy, les chimistes soient bien convaincus que la silice est un composé d'oxigène et d'une substance combustible de couleur foncée, semblable au carbone ou au bore, et à laquelle on a donné le nom de *Silicium*; bien que Berzélius ait obtenu le silicium isolé, cependant, comme la *silice* est le seul composé connu dans lequel il entre, nous nous attacherons surtout, dans cette section, à rechercher quel est le poids de l'atome de cette dernière. Cette recherche est d'une grande importance; car c'est d'elle que dépend la connaissance exacte de la composition de la plupart des roches. Je pense que le poids de l'atome du silicium est juste 2, et je vais exposer les preuves sur lesquelles je me fonde.

I. En 1810, Berzélius publia une suite d'expériences, parmi lesquelles se trouve l'analyse de la silice, qu'il fit de la manière suivante. (*Afhandlingar.* III, 117.) Il mit dans un creuset des propor-

tions déterminées de limaille de fer, de silice et de charbon; puis exposa le mélange, convenablement couvert, à la plus forte chaleur d'un fourneau à vent. L'action réunie du fer et du charbon décomposa la silice; et en se dégageant, le silicium se combina avec le fer. Le fer siliceux ainsi formé était plus blanc, et avait une pesanteur spécifique moindre que le fer ordinaire. Quand il fut dissous dans l'acide muriatique, il dégagea une plus grande proportion d'hydrogène que le fer commun : ce gaz contenait une certaine quantité de carbone, et il resta une quantité de silice non dissoute. Berzélius mit dissoudre un poids donné de ce fer dans l'acide muriatique, recueillit l'hydrogène dégagé; et en le brûlant sur l'eau de chaux, il détermina la quantité d'acide carbonique formée, d'où il déduisit le carbone que le fer contenait. Le fer passa alors à l'état de peroxide, il fut précipité par l'ammoniaque, chauffé au rouge et pesé. Le fer et le charbon, déduits du poids primitif du fer, donnèrent celui du silicium qui s'y était uni. Ce silicium pesait 127, mais le poids de la silice que l'on en obtint, en traitant l'échantillon par l'acide muriatique, s'éleva à 335. Or 335 — 127 = 208 = quantité de l'oxigène combiné avec 127 parties de silicium. D'autres expériences du même chimiste donnèrent pour composition de la silice :

Silicium	51,5	et	52,25
Oxigène	48,5	et	47,75

Ces différentes opérations furent répétées par Stromeyer (*Gilbert Annalen*. XXXVIII, 321), qui obtint pour résultat :

Silicium	46,0069
Oxigène	53,9931

Maintenant, si nous prenons la moyenne de ces deux séries d'expériences, nous aurons pour parties constituantes de la silice :

Silicium	49,9189	ou	0,9966
Oxigène	50,0811	ou	1,0000
	100,0000		1,9966

= le poids de l'atome de silice, quantité qui est très-voisine du nombre 2.

Berzélius, dans son Essai sur les *Proportions chimiques*, et dans la seconde édition de son *Larboki Kemien*, donne la composition suivante de la silice :

Silicium	49,7	ou	0,988
Oxigène	50,3	ou	1
	100,0		1,988

= le poids de l'atome du silicium.

Je ne sais pas si cette nouvelle détermination, qui approche de 2 beaucoup plus que les nombres donnés par Berzélius dans son mémoire original, est le résultat d'une nouvelle série d'expériences, ou si elle est seulement déduite de corrections que l'on a fait subir aux anciennes : mais le poids de l'atome de la silice qui en résulte est seulement de $\frac{1}{166}$ plus petit que 2 ; et je ne crois pas qu'il soit possible d'opérer, comme l'ont fait Berzélius et Stromeyer, sans courir la chance de commettre une erreur de nom-

bre encore plus grande. Cette détermination de Berzélius me paraît donc bien prouver que 2 est le véritable poids de l'atome de la silice.

II. Parmi les minéraux que l'on trouve en cristaux réguliers et qui ont été soumis à l'analyse chimique, il en est un grand nombre qui contiennent de la silice, combinée chimiquement et par conséquent en proportions définies, avec différentes bases; et si ces minéraux étaient parfaitement purs, leur analyse, faite avec exactitude, pourrait nous fournir une donnée suffisante pour déterminer le poids de l'atome de la silice. Je pense qu'il est convenable d'examiner quelques-uns de ces composés, pour voir comment ils s'accordent sur le poids atomistique de cette substance.

I. SPATH EN TABLE (*tabulaire*).

Ce minéral, qui est un *bisilicate de chaux*, ou un composé de 2 atomes de silice et de 1 atome de chaux, se trouve dans le Bannat; on l'a rencontré aussi à Ceylan, où il constitue une partie de la pierre cannelle. Il a une couleur gris blanc, et sa cassure est lamelleuse, dans un sens seulement: ce qui lui a fait donner son nom. Nous possédons quatre analyses de ce minéral, dont la première fut faite par Klaproth, la seconde par Stromeyer, la troisième par Rose, et la quatrième par Bonsdorff.

Les échantillons que Klaproth et Stromeyer analysèrent, venaient du Bannat; ceux examinés par Rose et Bonsdorff furent trouvés en Finlande.

Suivant Klaproth (*Beitrage*, III, 289), les parties constituantes du spath tabulaire sont:

Silice	50
Chaux	45,9 (1)
Eau	5
	100,9

Suivant Stromeyer (*Untersuchungen*, I, 356), ses élémens sont :

Silice	51,445
Chaux	47,412
Protoxide de fer . . .	0,401
——— de manganèse .	0,257
Eau	0,076
	99,591

Rose analysa, dans le laboratoire de Berzélius, un échantillon de spath en table, provenant de Perheniemi en Finlande; et il trouva cette substance composée de

Silice	51,6
Chaux	46,41
Parcelle d'oxide de fer,	
Actinolite	1,11
	99,12 (2)

L'échantillon analysé par Bonsdorff (*Annals of philosophy*, seconde série, II, 300) était de Pargas en Finlande; on l'avait pris pour de la Tremolite; et

(1) Klaproth compte seulement 45; mais il a obtenu 82 de carbonate de chaux; or ce sel contient 45,9 de chaux.

(2) *Nordenskiold Bedrage*, 1re part., p. 94.

voici quelles étaient ses parties constituantes :

Silice	52,58
Chaux	44,45
Magnésie	0,68
Protoxide. . . .	1,13
Matière volatile . .	0,99
	99,83

Avant de tirer aucune conclusion de ces expériences, il me semble convenable d'observer que, dans le Bannat, le spath calcaire se trouve dans une roche formée de grenats, de pierre calcaire bleue et de spath en table : circonstance qui peut faire raisonnablement présumer que celui qui fut analysé par Klaproth et par Stromeyer pouvait contenir un peu trop de chaux, vu la petite quantité de pierre calcaire bleue que l'on trouva dans l'échantillon du minéral soumis à l'analyse. Les parcelles de fer et de manganèse, rencontrées par Stromeyer, provenaient sans doute des grenats; et la perte de 5 pour 100 dans l'analyse de Klaproth, qu'il attribuait à l'eau, peut bien s'expliquer aussi par la présence d'un peu de calcaire bleu dans l'échantillon.

Le spath en table de Perheniemi se rencontre dans une roche calcaire; ce qui peut avoir occasioné l'excès de chaux que l'on trouva dans l'échantillon analysé par Rose. Celui de Pargas était mêlé de Pargasite et de plusieurs autres variétés de Horneblende; mélange qui peut avoir déterminé un léger excès de silice dans l'échantillon soumis à l'analyse par Bonsdorff.

Le fer, le manganèse, la magnésie, etc., qui se rencontrent en petite quantité dans ce minéral, peuvent être entièrement négligés comme s'y trouvant accidentellement. Nous nous attacherons seulement à la silice et à la chaux.

Supposons que 1 atome de silice pèse 2, un atome de chaux 3,5; et supposons encore que le spath en table soit un bisilicate de chaux; nous aurons pour parties constituantes de ce minéral :

Silice	4	ou	53 ⅓
Chaux	3,5	ou	46 ⅔

Or, l'analyse de Klaproth nous donne :

Silice	53 ⅓
Chaux	48,96

Celle de Stromeyer

Silice	53 ⅓
Chaux	49,153

Celle de Rose

Silice	53 ⅓
Chaux	47,969

Celle de Bonsdorff

Silice	53 ⅓
Chaux	45,086

L'excès de chaux que l'on trouve dans les trois premières de ces analyses, provient évidemment de ce que le minéral analysé faisait partie d'une roche calcaire; et si, dans la dernière de ces opérations, je veux parler de l'analyse de Bonsdorff, nous trouvons un excès de silice, c'est que le spath tabulaire

avait été retiré d'une roche de Horneblende. Maintenant, si nous prenons la moyenne de toutes ces analyses, comme nous paraissant la manière la plus convenable d'obtenir la plus grande approximation de la véritable composition du spath en table, nous aurons

Silice	53,333	ou	3,905
Chaux	47,792	ou	3,5

Il est facile de voir néanmoins que ce terme moyen ne peut être exact, par la raison que trois des échantillons examinés provenaient d'une roche calcaire, et conséquemment présentaient un excès de chaux : un seul appartenait à une roche de Horneblende, et probablement il contenait un excès de silice. Cependant nous voyons que, même de cette moyenne, nous obtenons 3,908 pour le poids de 2 atomes de silice, ou 1,9525 pour celui de 1 atome.

Si nous prenons le terme moyen des trois analyses qui contiennent un excès de chaux, nous aurons 48,694 pour la quantité de chaux unie avec 53 ⅓ de silice : et prenant la moyenne de cette quantité et de 45,086, qui est la chaux unie à la silice, d'après l'analyse de Bonsdorff, nous aurons 46,89 pour la chaux, ce qui nous donne pour la composition du spath en table :

Silice . .	53,333	ou 3,936
Chaux . .	46,890	ou 3,5

D'après cette constitution (qui est aussi près de la vérité que l'exactitude de l'analyse le comporte), 2 atomes de silice pèsent 3,936 ; et conséquemment, le poids de 1 atome est 1,968.

2. SILICATE D'ALUMINE OU BUCHOLZITE.

On trouva, il y a quelques années, dans le Tyrol, un minéral auquel Weiss donna le nom de *quartz fibreux*, mais que Brandes, qui en fit l'analyse, appela *Bucholzite*. Il est d'une couleur blanche, parsemé de points noirs; sa texture est fibreuse, et jamais on ne l'a rencontré en cristaux. D'après l'analyse de Brandes, ce minéral est formé de

Silice . .	46
Alumine .	50
Oxide de fer	2,5
Potasse . .	1,5 (1)
	100,0

Calculons la composition de ce minéral, dans la supposition où la silice s'y trouve combinée avec trois bases atome à atome; et que 1 atome d'alumine pèse 2,25, 1 atome de protoxide de fer 4,5, et 1 atome de potasse 6.

(A) 2,25 (atome d'alumine) : 2 (atome de silice) : : 50 (alumine dans le minéral) : . . . 44,44 = silice unie à l'alumine.

(B) 4,5 (atome de protoxide de fer) : 2 : : 2,5 (oxide dans le minéral) : . . . . . . 1,11 = silice unie au fer.

(C) 6 (atome de potasse) : 2 : : 1,5 (potasse dans le minéral) : . . . . 0,50 = silice unie à la potasse.

Total de la silice dans le minéral = 46,05

(1) Schweigger, Journ. XXV, 125.

Ce nombre n'excède que de 0,05 celui trouvé par Brandes; et cette quantité est si petite, qu'on pourrait aisément la négliger dans une analyse. Supposons cependant que le résultat soit parfaitement exact, et déduisons-en le poids de l'atome de la silice; environ $\frac{1}{8}$ de cette substance est uni à l'oxide de fer et à la potasse. Or, la vingt-huitième partie de 0,05 (l'excès de silice) est près de 0,002, qui, étant déduit, laisse environ 0,053. Si nous retranchons cet excès, de 44,44 de silice que nous avons supposé ci-dessus uni à l'alumine, il restera 44,391 parties. Dès lors ce minéral, d'après l'analyse qui en a été faite par Brandes, serait composé de

Silice . .	44,391	ou	1,997595
Alumine .	50,	ou	2,25

Ainsi le poids de l'atome de la silice, déduit de l'analyse de la bucholzite, se trouve être au-dessous de 2: cependant cette différence ne va pas à $\frac{1}{800}$, et elle est trop peu considérable pour qu'on puisse l'éviter dans de pareilles analyses.

3. NEPHELINE.

Les minéralogistes connaissent depuis long-temps ce minéral, que l'on trouve sur le Monte-Somma, près Naples. Il cristallise en prismes hexaèdres réguliers, souvent terminés en biseau ; et il est assez dur pour rayer le verre. Sa pesanteur spécifique est 2,2741 ; et d'après l'analyse qui en a été récemment faite par Arfwedson, ce minéral paraît avoir pour parties constituantes :

Silice . . .	44,11
Alumine . .	33,73
Soude . . .	20,46
Eau . . .	0,62
	98,92 (1)

Supposons maintenant que dans la nepheline, chaque atome d'alumine soit combiné avec 1 atome de silice, et chaque atome de soude avec 1 atome et demi de silice (ce qui est le mode ordinaire de combinaison de la soude avec les acides); et que 1 atome de silice pèse 2, un atome d'alumine, 2,25, et un atome de soude 4. Calculons la composition de la nepheline d'après ces suppositions :

(A)	2,25 (atom. d'alumine) : 2 (atom. de silice) :: 33,73 (alumine dans le minéral) : = silice unie à l'alumine.	29,98
(B)	4 (atome de soude) : 3 (1 atome ½ de silice) :: 20,46 (soude dans le minéral) : = silice unie à la soude.	15,345
	Total de la silice	45,325

La silice contenue dans le minéral, étant seulement 44,11 parties, est moindre de 1,215 parties que la quantité de silice déduite de nos suppositions. Admettons maintenant que l'échantillon analysé par Arfwedson était parfaitement pur, et que l'analyse a été exacte; puis déduisons-en le poids de l'atome de la silice.

(1) Kongl Vetenskaps Acad. Handl. 1821, p. 150.

Selon cette analyse, 3 atomes de silice pèsent le poids de 5,7104 : d'où l'on déduit l'atome de silice = 1,9035.

5. DIOPTASE, OU SESQUISILICATE DE CUIVRE.

Ce minéral, que l'on a d'abord confondu avec l'émeraude, cristallise ordinairement en prismes hexaèdres, terminés par des pyramides trièdres. Il est d'un beau vert; sa texture est foliée, et sa pesanteur spécifique 3,3. Le dioptase est conducteur de l'électricité; et d'après une analyse faite par Lowitz, nous voyons que ses parties constituantes sont :

Silice	33
Peroxide de cuivre .	55
Eau.	12
	100

Calculons la composition de ce minéral, dans la supposition que c'est un sesquisilicate de cuivre hydraté; que 1 atome de silice = 2, 1 atome de cuivre = 5, et que 1 atome d'eau = 1,125.

(A) 5 (atom. d'oxide de cuivre) : 3 (1 atom. ½ de silice) :: 55 : 33 = la silice unie à l'oxide.

(B) 88 : 12 (eau dans le minéral) :: 8 : 1,0905 = l'eau dans le minéral, c'est-dire, très-près d'un atome.

Dès lors, le dioptase est composé de

1 part. intég. de sesquisilicate de cuivre	silice 33	oxide 55	88
1 atome d'eau			12,37
			100,37

Ce minéral nous donne exactement 2 pour le poids de l'atome de la silice ; et nous pourrions probablement trouver la raison du léger déficit qui existe dans l'eau, si nous savions comment le dioptase a été primitivement traité.

6. SILICATE DE ZINC.

M. Smithson est le premier qui ait examiné et décrit le silicate de zinc avec exactitude. Ce minéral, qu'il est facile de distinguer des autres *calamines* par la propriété dont il est doué de devenir électrique quand on le chauffe, se présente presque toujours en cristaux ; il est formé, suivant les expériences de M. Smithson publiées en 1803, de :

Silice	25
Oxide de zinc .	68,3
Eau.	4,4
	99,7

Berzélius, qui a analysé ce minéral dans l'intention surtout d'éclaircir la doctrine des proportions définies, l'a trouvé composé de

Silice	24,893
Oxide de zinc . . .	66,837
Eau	7,460
Acide carbonique . .	0,450
Oxides de plomb et d'étain	0,276
	99,916 [1]

(1) Nouveau système minéral, p. 258.

Un atome d'oxide de zinc, comme on l'a prouvé dans le premier chapitre de cet ouvrage, pèse 5,25. Maintenant, si la silice pèse 2 et que ce minéral soit un silicate de zinc, nous aurons 2 : 5,25 : : 24,893 : 65,344 = l'oxide de zinc uni à la silice.

Suivant l'analyse de Berzélius, l'oxide de zinc dans le minéral dépasse cette quantité de 1,493 parties. Voyons comment on peut expliquer cet excès.

1. On voit que l'eau, dans le minéral, y monte à 7,460 pour cent. Or, 1 atome d'eau pèse 1,125, et une particule intégrante de silicate anhydre de zinc 7,25; et 7,25 : 1,125 : : 90,237 (le silicate de zinc pour cent) : 14,002 = la quantité d'eau, en supposant que le silicate contienne 1 atome d'eau. Or, 14,002 étant presque le double de la quantité d'eau contenue réellement dans le minéral, il est évident que le silicate de zinc ne peut contenir qu'un demi-atome d'eau, laquelle dans 100 parties du minéral monterait à 7,001. Mais la quantité d'eau dans le minéral est de 7,460; ce qui excède 7,001 de 0,459.

2. Indépendamment de la silice, il existe dans ce minéral deux autres substances, qui ont chacune la propriété de s'unir à l'oxide de zinc. Il y a 0,459 partie d'eau et 0,45 partie d'acide carbonique.

Or, 0,45 partie d'acide carbonique exigent 0,86 d'oxide de zinc pour former le carbonate anhydre; mais le carbonate de zinc contient ordinairement un demi-atome d'eau; ce qui, réuni à 1,31 de carbonate anhydre, se monte à 0,276 partie. Il reste encore 0,183 partie d'eau, dont il faut disposer. Ils sont probablement unis avec l'oxide de zinc

dans le minéral, de manière à former l'hydrate de zinc ordinaire, composé d'un atome ½ d'eau uni à 1 atome de zinc. Or, 1,6875 (un atome ½ d'eau) : 5,25 (1 atome d'oxide de zinc) : : 0,83 (eau dont on ne tient pas compte) : 0,569 = oxide de zinc uni à cette eau à l'état d'hydrate.

3. Ainsi il paraît que 1,429 parties d'oxide de zinc peuvent avoir été à l'état de carbonate ou d'hydrate de zinc; ce qui réduit l'excès à 0,064 partie, quantité tout-à-fait dans la limite des erreurs inévitables dans une analyse. Nous pouvons donc considérer le silicate de zinc comme étant composé de

Silice	24,893	ou 1,998
Oxide de zinc . .	65,408	ou 5,25

Ici le poids de l'atome de la silice est d'environ $\frac{1}{8000}$ moindre que 2.

7. BISILICATE DE MANGANÈSE.

Ce minéral se trouve à Longbanshytta, dans le Wermeland, en Suède, et il passe pour être plus abondant à Catherinebourg en Sibérie. Sa couleur est d'un rose foncé, et jamais il n'a été observé en cristaux; mais il a une fracture lamelleuse et un clivage naturel indiquant un rhomboïde pour sa forme primitive. Sa pesanteur spécifique, déterminée par Hisinger, est 3,5384.

Rupreckt et Napioni analysèrent ce minéral; mais à l'époque où ils s'occupèrent de ce travail, le manganèse n'était pas assez connu en chimie pour pou-

voir établir des résultats exacts. Il fut donc soumis de nouveau à l'analyse, en 1806, par Berzélius, qui, après avoir publié les résultats de son opération dans le premier volume de l'ouvrage intitulé *Afhandlingar*, etc. (pag. 108), répéta l'analyse en 1817 avec autant de soin que possible, et obtint le résultat suivant :

Silice	48
Deutoxide de manganèse.	54,42
Chaux	3,12
Magnésie avec une trace de fer	0,22
	105,76

Ici le poids des ingrédiens excède de 5,76 le poids de l'échantillon original ; ce qui provient évidemment de ce que dans le minéral, le manganèse existe à l'état de protoxide, et que dans le cours de l'analyse il a été converti en deutoxide. Je ferai voir plus tard que le protoxide de manganèse pèse 4,5, et le deutoxide 5. Si nous réduisons le poids du manganèse dans cette proportion, les élémens du minéral deviennent :

Silice	48
Protoxide de manganèse	48,98
Chaux	3,10 (1)
Magnésie	0,22
	100,3

(1) En corrigeant l'estimation de Berzélius.

Maintenant considérons ce minéral comme un bisilicate de manganèse, et calculons sa composition, dans l'hypothèse que 1 atome de silice = 2, 1 atome de protoxide de manganèse = 4,5, 1 atome de chaux = 3,5, et 1 atome de manganèse = 2,5.

(A) 4,5 (atome de protoxide de manganèse) : 4 (2 atomes de silice) : : 48.98 : 43,53 = la silice unie au manganèse. 43,53
(B) 3,5 (atome de chaux) : 4 : : 3,1 : 3,54=silice unie à la chaux. 3,54
(C) 2,5 (atome de magnésie) : 4 : : 0,22 : 0,35= la silice unie à la magnésie. 0,35

Total de la silice unie aux bases. = 47,42

Cette quantité de silice est de 0,58 moindre que celle rencontrée dans ce minéral par Berzélius. La quantité qu'il a trouvée est de $\frac{1}{100}$ plus forte qu'elle ne devrait avoir été, en supposant que 1 atome de silice pèse 2. Déterminons en conséquence le poids de l'atome de la silice, dans la supposition où la composition donnée par Berzélius serait rigoureusement exacte.

On peut ne pas tenir compte des bisilicates de chaux et de magnésie, en les considérant comme des corps étrangers. Ils contiennent environ $\frac{1}{10}$ de la totalité de la silice; conséquemment il faut soustraire $1/12$ du surplus de la silice, ou 0,05; il reste 0,53 : ajoutons ce nombre à la silice combinée avec le protoxide de manganèse; cela nous donnera le bisilicate de manganèse composé de

Silice.	44,06	ou 4,04798
Protoxide de manganèse . .	48,98	ou 4,5

Deux atomes de silice pèsent 4,04798; conséquemment le poids de 1 atome sera 2,02399, quantité qui excède 2 d'un peu plus de 1 pour cent.

8. KNEBELITE, ou SILICATE DE FER ET DE MANGANÈSE.

Ce minerai a été analysé et décrit par Dobereiner. Il est gris, tacheté de diverses couleurs : on le trouve en masses amorphes; sa pesanteur spécifique est 3,714; et, selon l'analyse de Dobereiner, il est formé de

Silice	32,5
Protoxide de fer. . . .	32
Protoxide de manganèse .	35
	99,5

Calculons la composition de ce minéral, en supposant que c'est un silicate de fer et de manganèse, que le poids de l'atome de silice est 2, et que 4,5 est le poids des protoxides de fer et de manganèse.

(A) 4,5 (atome de protoxide de fer) : 2 (atome de silice) : : 32 : 14,22 = silice unie à l'oxide de fer.	14,22
(B) 4,5 (atome de protoxide de manganèse) : 2 : : 35 : 15,55 = silice unie à l'oxide de manganèse.	15,55
Total de la silice combinée avec les bases =	29,77

I. La silice trouvée dans ce minéral par Dobereiner excède cette quantité de 2,72 parties : excès que l'on peut attribuer à la présence d'une certaine quantité de trisilicate de manganèse. Les protoxides de fer et

de manganèse ayant des atomes de même poids, les silicates que forment ces deux bases doivent avoir aussi le même poids. De là on peut supposer avec raison, qu'il n'y avait que 32 parties de protoxide de manganèse à l'état de silicate, et que les 3 autres parties peuvent avoir existé à l'état de trisilicate. Or, 4,5 (atome de protoxide de manganèse) : 6 (trois atomes de silice) : : 3 : 4 = la silice unie à 3 de manganèse. Les élémens de ce minéral peuvent se présenter ainsi :

Silicate de fer	46,22
Silicate de manganèse . . .	46,22
Trisilicate de manganèse . .	7,00
	99,44

Ce nombre coïncide presque avec l'analyse de Dobereiner.

II. Quelque probable que soit cette explication, sans trop nous y arrêter, calculons le poids de l'atome de silice, dans l'hypothèse où le minéral, dont l'analyse serait d'ailleurs exacte, ne contiendrait que de simples silicates. L'excès de silice doit se partager entre les deux silicates dans le rapport de 14,22 : 15,55 ; où nous devons ajouter 1,42 de ce nombre à la silice unie au manganèse, et 1,3 à la silice unie au fer. Ceci nous donnera pour composition du silicate de fer :

Silice	15,52	ou 2,1827
Protoxide de fer. .	32	ou 4,5

Prenons maintenant la moyenne du poids de l'a-

tome de la silice, en le déduisant de l'analyse des huit minéraux que nous venons d'examiner.

1. Spath en table . . .	1,96800
2. Bucholzite.	1,997595
3. Nepheline.	1,94582
4. Hedenbergite	1,90350
5. Silicate de zinc . . .	1,99800
6. Dioptase	2,00000
7. Bisilicate de manganèse	2,02399
8. Knebelite	2,18270
Moyenne.	2,00245

quantité qui n'excède 2 que de $\frac{1}{1000}$.

Le poids de l'atome donné par Berzélius, d'après ses propres expériences, est au-dessous de 2 ; mais celui que nous présentons est déduit d'un beaucoup plus grand nombre d'expériences, et doit en conséquence être beaucoup plus voisin de la vérité.

III. Sachant que quand on chauffe de la silice avec du carbonate de potasse, le gaz acide carbonique se dégage et laisse la potasse unie à la silice, je pensai qu'il me serait possible d'arriver à la connaissance du poids atomistique de la silice, en mêlant cette substance avec du carbonate de potasse dans des proportions connues, en chauffant fortement ensuite ce mélange dans un creuset de platine, et en tenant compte de la perte du poids.

Je trouvai d'abord, que le carbonate de potasse, obtenu en exposant les cristaux du bicarbonate à une chaleur rouge, ne perdait pas sensiblement de poids, quoique tenu pendant long-temps en fusion. J'observai en outre que, pour faire réussir l'expé-

rience, il fallait au moins huit fois autant de carbonate de potasse que de silice. Quand on en employa moins, la perte de poids fut toujours beaucoup trop petite : 12 parties de silice pure en poudre fine et 12 parties de carbonate anhydre de potasse, ayant été mêlées et tenues en fusion pendant treize heures dans un creuset de platine, la perte du poids s'éleva à 16,67 parties.

Il paraît, d'après cette expérience, que 16,67 parties d'acide carbonique (en poids) sont déplacées par 12 de silice; mais, en examinant le creuset, je m'aperçus qu'il était devenu plus léger de 0,15 parties. Déduisant cette diminution, il reste 16,52 parties pour la vraie quantité d'acide carbonique expulsé. Or, 16,52 (acide carbonique expulsé) : 12 (silice employée) : : 2,75 (poids de l'atome d'acide carbonique) : 1,99758 = le poids de l'atome de la silice.

Cette expérience, qui a été répétée plusieurs fois, semble nous donner pour poids de l'atome de la silice 1,99758; ce qui est presque 2, à un millième près. Le poids de l'atome de la silice, déduit de l'analyse de huit silicates, était un peu au-dessus de 2. Comme les différences dans ces deux séries d'expériences se trouvent de côtés opposés, il est probable que le terme moyen des deux approchera encore plus de la vérité.

Poids de l'atome de silice d'après l'analyse de huit silicates	2,00245
Poids de l'atome de silice en chauffant la silice avec le carbonate de potasse.	1,99758
Terme moyen des deux séries d'opérations	2,00001

Ce poids de l'atome est un peu plus grand que 2 de $\frac{1}{200,000}$.

IV. La silice se combine avec l'eau, en proportions déterminées, et forme divers hydrates. J'en ai examiné quelques-uns avec soin, et ils m'ont fourni une preuve satisfaisante que le véritable poids de l'atome de la silice est 2.

1. Quand on fait fondre la silice avec de la potasse ou du carbonate de soude, et que l'on met ensuite digérer dans l'eau chaude la masse fondue, on obtient soit une dissolution, soit un résidu blanc, floconneux, insoluble, suivant la quantité d'eau qui a été employée. Ce résidu floconneux est un hydrate de silice qui peut être séparé à l'aide du filtre, lavé par des effusions d'eau répétées, et séché à une température qui ne doit pas excéder 30° à 32° c. J'ai souvent obtenu en été, par un temps chaud, de l'hydrate de silice en le séchant à l'air libre; mais, en général, la silice retient un léger excès d'eau, à moins que la température ne soit élevée artificiellement. Cet hydrate, quand il est convenablement préparé, est composé de

Silice . . .	4
Eau	1,125
	5,125

Or, 1,125 est un atome d'eau, et 4 doit être juste 2 atomes de silice; en telle sorte que l'hydrate est composé de 1 atome d'eau et de 2 atomes de silice, et que l'atome de silice pèse exactement 2.

Afin que le lecteur puisse juger combien est grand

l'excès d'eau que la silice peut retenir, je vais rapporter deux expériences que j'ai faites pour obtenir cet hydrate : la première n'a point réussi; mais la seconde a eu un plein succès.

Vers le milieu de mai 1823, je fis fondre une certaine quantité de silice, avec trois fois son poids de carbonate anhydre de soude, et je laissai la masse fondue digérer dans l'eau jusqu'à ce que la silice ait pris une apparence floconneuse. On jeta la totalité sur un filtre, et la silice fut lavée à plusieurs reprises avec de l'eau distillée, jusqu'à ce que l'on ne découvrît plus aucune trace de soude dans les lavages. Au bout de deux jours, le tout fut assez sec pour que l'on pût y toucher. Je plaçai le filtre, avec plusieurs doubles de papier non collé, sur une table au milieu de mon laboratoire, et je l'y laissai six semaines sans y toucher. Il est peut-être nécessaire de dire que pendant tout ce temps il fit très-froid; et je pense que la température du local n'a jamais dépassé 15°,56 c., si même elle est montée aussi haut. Lorsque je retournai à Glasgow, le 24 juin, le thermomètre était dans mon laboratoire à 13°,89 c. A la vue et au toucher, la silice paraissait être parfaitement sèche; elle pesait 43,23 grains (2,799 gram.) Exposée à une chaleur rouge, la masse perdit 10,55 gr. (683,10 milli.), et fut réduite à 32,68 gr. (2,115 gr.) Or, 32,68 : 10,55 : : 4 : 1,2913 = l'eau combinée avec 4 de silice. Ceci excède 1,125 de 0,1663; ce qui est un peu plus de 1/7 d'atome. On peut considérer ce résultat comme la plus grande valeur de l'excès que l'on puisse jamais obtenir. Je vais maintenant donner les détails de l'opération, qui a parfaitement réussi.

Après avoir suffisamment lavé une quantité donnée de silice, obtenue précisément de la même manière que dans l'expérience précédente, on l'abandonna sur le filtre jusqu'à ce qu'elle fût assez sèche pour être transportée. On la plaça ensuite (avec ce même filtre) dans un sac de toile suspendu à quelque distance au-dessus de mon bain de sable, à une température de 29°,44 c., et on l'y laissa plusieurs jours jusqu'à ce qu'elle ne perdît plus de son poids. J'obtins ainsi de la silice sous forme d'une poudre blanche et sèche, qui pesait 38,4 grains (2,486 gram.). Exposée à une chaleur rouge, le poids fut réduit à 29,97 grains; en telle sorte que la première masse était composée de 29,97 de silice et 8,43 d'eau. Or, 29,97 : 8,43 : : 4 : 1,125 = l'eau unie à 4 de silice. Nous voyons ici que la silice et l'eau y étaient unies dans de vraies proportions atomistiques. J'ai souvent répété cette expérience avec succès.

2. Si la potasse, ou la soude silicée, est mise en digestion dans une suffisante quantité d'eau, on peut obtenir une solution complète, qui n'est précipitée ni par les acides ni par les alcalis. Cette solution étant concentrée par l'évaporation, prend la forme d'une gelée transparente, incolore, tremblotante, composée de silice et d'eau, à l'état d'hydrate. Si l'on jette cette gelée sur un filtre et qu'on la lave avec de l'eau chaude jusqu'à ce que l'alcali soit complétement enlevé, la silice est alors tellement transparente et tellement incolore, qu'on l'aperçoit à peine; et en laissant sécher cette gelée sur le filtre jusqu'à ce qu'elle cesse d'humecter le papier non collé, elle

conserve encore un certain degré de transparence, sans perdre tout-à-fait sa forme gélatineuse; elle est composée de

1 atome de silice	. .	2
13 atomes d'eau	. .	14,625
		16,625

de telle sorte que dans cet hydrate, qui paraît solide et sec, plus des 6/7 du poids sont de l'eau.

*3. Si on laisse cette masse gélatineuse solide, sécher à l'air libre sans la briser, elle prend graduellement une couleur jaunâtre qui diffère peu de celle de la gomme arabique; et même, après un intervalle de plusieurs années, elle est encore semi-transparente. Dans cet état elle est très-fragile, mais dure, et sa fracture est conchoïde. Elle a une certaine ressemblance avec le silex ordinaire; ou plutôt on peut la regarder comme une substance qui paraît intermédiaire entre le silex et la calcédoine. Les parties constituantes de cet hydrate de silice, quand sa préparation réussit bien, sont

1 atome de silice	.	2
1 atome d'eau	. .	1,125
		3,125

Je ne suis parvenu à préparer convenablement cet hydrate qu'en l'abandonnant pendant très-long-temps (en général plusieurs années) dans un endroit chaud et sec: je vais rapporter le résultat d'une expérience que j'ai faite pendant l'été de 1823. On laissa pendant six semaines, sur un filtre et sans la briser,

une quantité de silice gélatineuse, préparée suivant le procédé que nous avons déjà décrit. Son poids était 13,63 grains (882,54 milligr.). Exposée à une chaleur rouge, elle perdit 5,13 grains (330,41 milligrammes) : par conséquent la silice anhydre s'élevait à 8,5 grains (640,37 milligr.), et l'eau à 5,13 (330,41 milligr.). Or, 8,5 : 5,13 : : 2 : 1,207 = l'eau unie à 2 de silice : ce qui excède la proportion atomistique d'environ $\frac{1}{14}$ d'atome.

4. Il y a plusieurs autres hydrates de silice indépendamment des trois que je viens de décrire, et parmi ceux que j'ai obtenus, un est composé de

3 atomes de silice	=	6
1 atomes d'eau	=	1,125
		7,125

et un autre de

4 atomes de silice	=	8
3 atomes d'eau	=	3,375
		11,375

Cette grande variété d'hydrates exige que dans les analyses chimiques on expose la silice à la chaleur rouge, afin d'être assuré de son véritable poids.

V. Les détails dans lesquels je suis entré dans cette section ont pu paraître un peu fastidieux; mais ils étaient nécessaires pour établir le véritable poids de l'atome de silice. Récapitulons maintenant les différens résultats obtenus.

1. Berzélius a conclu de son analyse du silicate

de fer, que le poids de l'atome de silice est 1,988. Mais si nous prenons la moyenne des expériences de ce chimiste et de celles de Stromeyer, nous aurons pour le poids de cet atome 7,9966.

2. Le terme moyen déduit de l'analyse de huit silicates natifs, de diverses espèces, nous présente pour le poids de l'atome de silice 2,00245.

3. Ma décomposition du carbonate de potasse par la silice donne pour le poids de l'atome 1,99758.

4. L'analyse des hydrates de silice indique pour ce même poids exactement 2. Maintenant, en prenant la moyenne de toutes ces différentes estimations, on trouverait qu'elle ne s'écarte de 2 que de 0,001 environ; mais cette manière de procéder serait peu convenable. Les expériences sur les hydrates étant par cela même fort faciles à faire et très-susceptibles de résultats précis, elles doivent avoir une grande influence dans la détermination à laquelle nous nous fixerons. Or, les hydrates donnent pour poids de l'atome de silice exactement 2. Après les hydrates, c'est à la moyenne déduite de l'analyse des huit silicates qu'il paraît que nous devons accorder la plus grande confiance. Or, cette moyenne diffère de 2 seulement de $\frac{1}{1000}$ partie. Après tout, je suis persuadé que toute personne sans prévention qui lira les détails précédens, n'aura aucun doute que le véritable poids de l'atome de silice ne soit 2.

La silice est un composé de silicium et d'oxigène; et, d'après les expériences de Berzélius, rapportées au commencement de cette section, il est facile de voir que les poids du silicium et de l'oxigène sont à peu près égaux. Puisque le poids de la

silice est 2 et celui de l'oxigène 1, il est évident que le poids de l'atome de silicium est aussi 1. La véritable composition de la silice est donc

1 atome de silicium	1
1 atome d'oxigène	1
	2

SECTION IV.

Poids de l'atome de phosphore.

Le phosphore se combine soit avec l'hydrogène, soit avec l'oxigène; il ne produit avec le premier que des composés gazeux, et avec le second que des composés solides. En se combinant avec l'oxigène, il forme les acides *phosphoreux* et *phosphorique;* combinaisons d'une haute importance dans le règne animal, et qui ne sont pas sans jouer aussi un rôle dans le règne minéral. Recherchons d'abord le poids de l'atome de l'acide phosphorique, et il nous sera ensuite facile de déterminer la composition de l'acide phosphoreux.

I. L'acide phosphorique forme, avec les alcalis, des sels solubles et cristallisables; et, parmi ces sels, aucun n'est plus connu que le phosphate de soude, qui, étant employé comme médicament, est préparé par les chimistes manufacturiers et se trouve chez les apothicaires.

Le phosphate de soude cristallise en rhomboïdes; il a une saveur fraîche, un peu amère, et il s'ef-

fleurit quand on le tient dans un lieu sec. Quelquefois je l'ai trouvé composé de 11 et même de 12 atomes d'eau combinés avec une partie intégrante de phosphate anhydre de soude. Cependant la proportion d'eau la plus ordinaire est 12 atomes. Il est probable que la différence qui peut exister dans cette quantité dépend de la manière dont le sel a été conservé. Exposé à l'air, le phosphate de soude s'effleurit très-promptement; et, quand on le prend chez les marchands, on remarque souvent des points d'efflorescence dans les cristaux. Dans ce cas, l'eau de cristallisation est quelquefois réduite à 11 atomes. On ne peut jamais compter sur cette eau de cristallisation, à moins que le sel ne soit tout-à-fait transparent. Je crois qu'il vaut mieux le rendre anhydre, en le faisant rougir et en le tenant quelque temps en fusion dans un creuset de platine.

On mit dissoudre séparément dans de l'eau distillée 7,5 parties de phosphate anhydre de soude, et 20,75 parties de nitrate de plomb cristallisé, en ayant soin de ne pas employer plus d'eau qu'il n'en fallait pour dissoudre complétement les sels. Les deux solutions étant mêlées, il se fit une double décomposition; le phosphate de plomb se précipita sous forme d'une poudre blanche insoluble, et il resta un liquide transparent, incolore, tenant en dissolution le nitrate de soude. Deux gouttes de cette liqueur furent mises dans deux verres de montre, et on les essaya alternativement, l'une avec le sulfate de soude, et l'autre avec le nitrate de plomb : aucune d'elles ne fut le moindrement affectée par l'un ou l'autre de ces réactifs ; ce qui prouve

qu'elles ne contenaient ni plomb ni acide phosphorique. On répéta plusieurs fois cette opération, et toujours on obtint le même résultat.

On voit, d'après cette expérience, que l'oxide de plomb de 20,75 parties de nitrate de plomb neutralise exactement l'acide phosphorique contenu dans 7,5 parties de phosphate anhydre de soude. De la même manière, l'acide nitrique du premier de ces sels neutralise la soude de l'autre. Mais 20,75 parties de nitrate de plomb sont composées de

Acide nitrique . .	6,75
Protoxide de plomb.	14
	20,75

nombres qui sont équivalens au poids des atomes d'acide nitrique et de protoxide de plomb.

Quatorze parties de protoxide de plomb exigent pour leur saturation une quantité d'acide phosphorique équivalente à 1 atome. 6,75 parties d'acide nitrique exigent exactement 4 parties de soude, quantité qui équivaut à 1 atome, comme nous le démontrerons plus tard.

7,5 parties de phosphate anhydre de soude contiennent juste 4 parties de soude. Les 3,5 parties qui restent doivent être l'acide phosphorique de ce sel. Ainsi, il paraît que le phosphate anhydre de soude est composé de

Acide phosphorique. .	3,5
Soude	4,0
	7,5

3,5 d'acide phosphorique saturent exactement 4 de soude et 14 de protoxide de plomb; chacun de ces nombres représente le poids de l'atome des bases respectives; par conséquent 3,5 est le poids de l'atome d'acide phosphorique.

II. Les chimistes ont plusieurs fois cherché à déterminer la composition de l'acide phosphorique par la combustion rapide du phosphore; car le phosphore, lorsqu'il brûle avec flamme, s'unit avec l'oxigène de l'air, et se convertit en acide phosphorique. Or, comme le phosphore et l'acide phosphorique sont solides, il paraît facile, au premier aspect, de déterminer la quantité d'oxigène avec laquelle le phosphore est combiné, en pesant seulement l'acide phosphorique produit. Mais dans le fait, cette méthode, bien qu'en apparence aisée, n'est pas susceptible d'une parfaite exactitude. Il est difficile d'obtenir le phosphore parfaitement pur, et nous n'avons point de moyens pour apprécier sa plus ou moins grande impureté. On peut à peine le brûler entièrement dans des vases clos; et toujours il laisse à la fin de la combustion, une matière orangée, déliquescente à l'air, qui s'acidifie spontanément avec le temps. Il serait inutile de rapporter les expériences qui ont été successivement faites de cette manière par Lavoisier, Rose, moi-même, Dulong et Berzélius. Sir H. Davy eut l'heureuse idée de remédier à quelques-unes des difficultés qui avaient tant embarrassé ceux qui avant lui s'étaient livrés à ces mêmes recherches; et comme ses expériences sont celles qui se rapprochent davantage de la vérité, bien qu'elles n'aient pas une exactitude rigoureuse, néanmoins

nous ne balancerons pas à rapporter les résultats des recherches de ce chimiste sur un sujet qui n'est pas exempt de difficultés.

Sir H. Davy ayant renfermé le phosphore dans un vase à part, introduisit le tout dans l'intérieur d'une cornue de verre; et à l'aide de ce moyen il put soumettre cette substance à une chaleur plus forte et plus long-temps continuée. Il trouva que 100 parties de phosphore, quand elles sont converties en acide phosphorique, s'unissent avec 135 parties d'oxigène. Maintenant déduisons de cette composition le poids de l'atome d'acide phosphorique.

Il est évident que cet acide est composé d'un atome de phosphore et d'un ou de plusieurs atomes d'oxigène. Si la quantité d'oxigène était seulement d'un atome, le poids atomistique de l'acide phosphorique ne serait que de 1,74; car 135 (quantité d'oxigène dans l'acide) : 100 (phosphore de l'acide) :: 1 (atome d'oxigène) : 0,74074 = le poids de l'atome de phosphore. Mais nous venons de voir que le véritable poids atomistique est 3,5.

Supposons que la quantité d'hydrogène soit de 2 atomes; cela rendrait le poids de l'atome d'acide phosphorique = 3,481. Car 135 : 100 : 2 : 1,4815 le poids de l'atome de phosphore.

Il paraît, d'après cela, que l'acide phosphorique est composé de 2 atomes oxigène et de 1 atome phosphore, et que le poids de l'atome de ce dernier, suivant le résultat des expériences de Davy, est 1,4815. Mais nous avons vu que l'acide phosphorique pesait 3,5, donc l'atome de phosphore doit dans le fait peser 1,5 ou près de 2 pour cent de plus que

dans l'expérience synthétique de Davy : d'où il résulte que 100 parties de phosphore doivent se combiner avec 133 ⅓ d'oxigène, pour former l'acide phosphorique; car 133 ⅓ : 100 : : 2 : 1,5. Les expériences suivantes vont démontrer que ce résultat est la véritable composition de cet acide.

III. Le phosphore et l'hydrogène se combinent en deux proportions, et forment deux composés gazeux appelés *hydrogène phosphoré* et *bihydrogure de phosphore :* le premier fut reconnu comme une substance particulière par M. Gengembre, et l'autre par sir H. Davy.

1. Le gaz hydrogène phosphoré peut s'obtenir à l'état de pureté, en mettant du phosphure de chaux récent dans une petite cornue que l'on remplit d'eau, et dont le bec plonge dans une cuve pleine d'eau que l'on vient de faire bouillir, ou dans laquelle on a mélangé un peu de gaz oxide d'azote. Le gaz se dégage avec rapidité; il est sans couleur, a une odeur à peu près semblable à celle de l'ail, et prend feu spontanément par son contact avec l'air commun. L'eau en absorbe environ 5 pour cent de son volume. La pesanteur spécifique de ce gaz, d'après le terme moyen de quelques expériences faites avec le plus grand soin dans mon laboratoire, est de 0,902735. Mais j'ai fait voir ailleurs que sa véritable pesanteur spécifique était 0,90277 (*Annals of philosophy XVI*, 262), nombre qui excède le résultat fourni par l'expérience, d'une quantité presque inappréciable

Quand on chauffe le phosphore dans l'hydrogène, il se forme une certaine quantité de phosphure d'hydrogène; le volume du gaz primitif n'est point

flamme plus quand on le mêle avec l'air commun ou l'oxigène; mais on peut en déterminer immédiatement la combustion, en introduisant un peu de deutoxide d'azote. Quand on sublime du soufre dans ce gaz, son volume ne change pas; ce gaz altéré exige pour sa combustion complète 1,25 volume d'oxigène; cette combustion le convertit en eau et en acide phosphorique; et elle ne peut avoir lieu en totalité avec un moindre volume d'oxigène. Quand on fait passer une étincelle électrique à travers un mélange d'un volume de ce gaz et 0,75 volume de gaz oxigène, il se fait une détonnation; mais le gaz qui reste occupe presque 1 volume. En ajoutant 0,5 volume d'oxigène, il se fait une nouvelle combustion, et toute la substance gazeuse disparaît. Il semblerait que, par la première combustion, tout le phosphore est consumé et qu'il reste l'hydrogène presque pur. Il est évident qu'il a fallu un demi volume d'oxigène pour convertir l'hydrogène en eau. Les autres 0,75 volume d'oxigène ont converti la vapeur de phosphore en acide phosphorique; mais pour cette conversion, le phosphore exige 1 volume d'oxigène égal au sien. D'après cela, il est évident que ce gaz altéré est composé de

1 volume d'hydrogène . . .	= 0,0694
0,75 vol. de vap. de phosphore	= 0,6250
	0,6944

d'où il résulte qu'il contient juste neuf fois autant de phosphore que d'hydrogène ; que sa pesanteur spécifique est 0,6944, ou dix fois celle de l'hydrogène;

et que le poids de son atome est 1,25. On peut désigner ce gaz altéré sous le nom d'*hydrogène hypophosphoré*.

2. Davy obtint le bihydrogure de phosphore en chauffant de l'acide phosphoreux cristallisé. Quand on fait chauffer du soufre dans ce gaz, le volume en est juste doublé, et il est converti en hydrogène sulfuré. Or, on verra dans la section suivante que ce dernier contient exactement son propre volume d'hydrogène; d'où il résulte que le bihydrogure de phosphore contient deux fois son volume d'hydrogène.

L'odeur de ce gaz ressemble à celle de l'hydrogène phosphoré. Il ne brûle point spontanément, quand on le mêle avec l'air commun ou l'hydrogène; mais la combustion a lieu à l'instant où l'on fait passer une étincelle électrique à travers le mélange. Il faut, pour opérer la combustion complète de ce gaz, en mêler 1 volume avec 1,5, ou 2 volumes d'oxigène; les gaz alors disparaissent : avec la plus petite proportion d'oxigène on obtient de l'acide phosphoreux, avec la plus grande, de l'acide phosphorique. D'après ces faits, il est évident que ce gaz est composé de

2 volumes hydrogène } condensés en 1 vol.
1 volume vap. de phosphore }

Sa pesanteur spécifique doit donc être la somme de deux fois la pesanteur spécifique de l'hydrogène ajoutée à celle de la vapeur de phosphore, ou

0,9722 ; car

2 pesant. spécifi. de l'hydrogène . .	=	0,1388
pesant. spéc. de la vap. de phosphore.	=	0,8333
Pesanteur spécifique du gaz.	=	0,9722

Le bihydrogure de phosphore est le quatrième gaz qui nous présente cette même pesanteur spécifique. Les trois autres sont l'azote, l'oxide de carbone et le gaz oléfiant.

Ainsi il paraît que la composition et le poids atomistique des divers composés du phosphore avec l'oxigène et avec l'hydrogène, sont :

	PHOSPHORE.		OXIGÈNE.	POIDS DE L'AT.
1 acide phosphoreux .	1 at.	+	1 at.	2,5
2 acide phosphorique .	2 –	+	2 –	3,5
			HYDROGÈNE.	
3 hydrogène phosphoré .	1	+	1 at.	1,625
4 bihydrogure de phosph.	1	+	2 –	1,75
5 hydrog. hypophosphoré.	0,75	+	1 –	1,25

Le bihydrogure de phosphore a la même pesanteur spécifique et le même poids d'atome que l'azote.

SECTION V.

Poids de l'atome de soufre.

Le soufre forme, avec l'oxigène, trois composés acides, que l'on nomme acide *hyposulfureux*, acide *sulfureux* et acide *sulfurique*. Déterminons d'abord

le poids de l'atome d'acide sulfurique, le plus important de ces composés.

I. 1. Le sulfate de potasse est un sel qui cristallise ordinairement en dodécaèdres, quoique sa forme primitive soit un prisme tétraèdre oblique; il ne contient point d'eau de cristallisation. 11 parties de sulfate de potasse et 13,25 de chlorure de barium furent dissoutes séparément dans de l'eau distillée : les deux solutions ayant été mêlées, une double décomposition eut lieu, et le sulfate de baryte étant insoluble, se précipita immédiatement au fond du vase. Le résidu liquide, qui était transparent et sans couleur, fut essayé avec le sulfate de soude et le muriate de baryte, sans qu'il fût altéré par aucun de ces réactifs; preuve qu'il ne contenait aucune quantité sensible, ni de baryte ni d'acide sulfurique.

Il résulte de cette expérience, que l'acide sulfurique, contenu dans 11 parties de sulfate de potasse, sature exactement la baryte contenue dans 13,25 partie de chlorure de barium : mais la proportion de baryte dans cette quantité de chlorure est juste 9,75 parties, ce qui équivaut au poids de l'atome de baryte.

Quand le sulfate de baryte formé dans l'expérience précédente fut lavé, séché et exposé à une chaleur rouge, sa proportion était exactement 14,75 parties, sur lesquelles 9,25 étaient de la baryte. Dès lors le sulfate de baryte est composé de

Baryte	9,75
Acide sulfurique . .	5
	14,75

Ce sel étant neutre, et 9,75 représentant 1 atome de

baryte, 5 doit être le poids de l'atome d'acide sulfurique.

La potasse est représentée par 6, dans 11 parties de sulfate de potasse. Ce nombre 6 indique 1 atome; car c'est la proportion qui sature exactement 4,625 parties d'acide muriatique, qui équivalent aussi à 1 atome; et nous avons vu que l'acide sulfurique de ce sel est représenté par 5; conséquemment le sulfate de potasse est composé de

Acide sulfurique .	5	= 1 atome
Potasse	6	= 1 atome
	11	

2. On fabrique l'acide sulfurique à l'aide de la combustion du soufre, qui se convertit en gaz acide sulfureux. Ce gaz arrive dans de grandes chambres de plomb dont le fond est couvert d'environ 6 pouces d'eau; avec le gaz acide sulfureux, une quantité de vapeur d'acide nitreux passe dans la chambre de plomb. Ces deux acides ont la propriété de s'unir et de former de très-petits cristaux qui tombent dans l'eau qui couvre le plancher. Au moment de leur contact avec le liquide, une décomposition a lieu; l'acide sulfureux est converti en acide sulfurique, et l'acide nitreux en deutoxide d'azote. Cette dernière substance s'échappe à l'état de gaz; mais, se trouvant immédiatement en contact avec l'air de la chambre, il se convertit en acide nitreux, lequel, s'unissant avec une nouvelle dose d'acide sulfureux, tombe encore une autre fois dans l'eau. Ces décompositions et ces nouvelles formations se

continuent aussi long-temps que l'air de la chambre contient de l'oxigène et de l'acide sulfureux. Quand l'eau est suffisamment imprégnée d'acide sulfurique, on retire cet acide du fond de la chambre, et on le concentre autant qu'on le peut dans des chaudières de plomb. On le met ensuite dans des cornues de verre ou de platine, et on le maintient à une chaleur d'au moins 316° c. jusqu'à ce qu'il ait acquis le plus haut degré de concentration possible (1).

L'acide ainsi préparé est un liquide clair, transparent, incolore comme l'eau, présentant un certain degré de consistance qui le rend adhérent aux parois d'un vase comme l'huile. Quand il est complétement pur et aussi concentré que possible, sa pesanteur spécifique est 1,847 : s'il devient plus pesant, il contient du plomb. Ce liquide, dans cet état, est composé de 1 atome d'acide et 1 atome d'eau. Or,

1 atome d'acide	=	5
1 atome d'eau	=	1,125
		6,125

De sorte que 6,125 parties d'acide contiennent

(1) L'eau acidule que l'on retire des chambres de plomb, a une pesanteur spécifique de 1,22. Elle est composée d'environ 1 atome d'acide sulfurique et de 15 atomes d'eau. L'évaporation dans la chaudière de plomb la porte à 1,75. Dans cet état elle est à peu près composée d'un atome d'acide et de 2 atomes d'eau. Le point d'ébullition de l'acide ainsi concentré est 200° c. Au-delà de ce degré de concentration on ne peut plus le conserver dans des vases de plomb, parce que son action *corrodante* sur ce métal, augmente considérablement à mesure que le point d'ébullition s'élève.

1,125 d'eau et 5 d'acide pur. L'acide, ayant ce degré de concentration, exige la plus haute température pour être mis en ébullition : selon M. Dalton elle s'élève à 620° *F.*; mais il est extrêmement difficile d'évaluer ces hautes températures avec exactitude. J'ai cependant acquis la conviction que le point d'ébullition de cet acide peut s'élever à plus de 316° c.

Si à 6,125 parties de cet acide nous ajoutons 1,125 d'eau, de manière à former un composé d'un atome d'acide et de 2 atomes d'eau, nous obtenons un liquide qui a 1,78 de pesanteur spécifique. Cet acide ainsi affaibli possède la propriété remarquable de geler à une plus haute température que l'acide de tout autre degré; son point de congélation, suivant les expériences de M. Keir, étant 7°22 cent., son degré d'ébullition est 435 *F.*, suivant M. Dalton.

3. Le protosulfate de fer est un sel composé de

1 atome acide sulfurique . .	=	5
1 atome protoxide de fer . .	=	4,5
7 atomes eau	=	7,875
		17,375

de sorte qu'une particule intégrante de ce sel pèse 17,375, et 4 particules intégrantes pèseront 69,5. Si nous exposons cette dernière quantité de ce sel à une chaleur convenable, il devient blanc et perd 30,375 parties d'eau. Or, la totalité de l'eau contenue dans 69,5 parties est évidemment 31,5; conséquemment il reste encore 1,125 parties d'eau unies à ce sel; lequel, ainsi chauffé, se trouve composé de

4 atomes acide sulfurique . .	=	20
4 atomes protoxide de fer . .	=	18
1 atome eau	=	1,125
		39,125

Quand ces 39,125 parties sont mises dans une cornue de terre et exposées à une forte chaleur, la moitié de l'acide sulfurique, montant à 10 parties, est décomposée en 8 parties d'acide sulfureux qui s'échappe et se dissipe, et 2 parties d'oxigène qui, en s'unissant aux 18 parties de protoxide de fer, les convertissent en 20 parties de peroxide. Les 10 parties restant d'acide sulfurique passent dans le récipient, unies aux 1,125 parties d'eau.

Ce procédé est celui que l'on suit à Nordhausen en Allemagne, pour obtenir l'acide sulfurique fumant, qui dissout si facilement l'indigo. Sa couleur est toujours foncée; il est opaque. Il m'est difficile de rendre raison de cette opacité; cependant, d'après plusieurs phénomènes que j'ai observés, cet acide me semble contenir un peu de sélénium. Sa pesanteur spécifique est 1,896; et une analyse exacte m'a fait voir qu'il est composé de 2 atomes d'acide et de 1 atome d'eau; or,

2 atomes d'acide	=	10
1 atome d'eau .	=	1,125
		11,125

De sorte qu'une particule intégrante de cet acide pèse 11,125, et contient 1,125 parties d'eau et 10 d'acide pur.

4. Quand l'acide sulfurique est exposé à l'air, il s'exhale en fumée, à cause de sa grande avidité pour l'eau. Il est beaucoup plus volatile que l'acide sulfurique, fait de toutes pièces. Quand on le chauffe dans une cornue de verre à laquelle on a luté un récipient et que l'on a entourée d'un mélange de neige et de sel, une moitié de l'acide passe dans le récipient à l'état solide, et forme un sel blanc de neige qui a l'apparence de l'asbeste. Ce qui reste dans la cornue est composé de 1 atome d'acide et de 1 atome d'eau, ou bien il est en tout semblable à l'acide de nos fabriques. Je n'ai pas pu déterminer sa pesanteur spécifique; son avidité pour l'eau est si grande qu'il s'échappe avec violence quand on l'expose à l'air; et il se dissipe si rapidement, qu'on ne peut le peser. Mais en en laissant tomber une petite quantité dans un poids donné d'eau, et déterminant alors l'augmentation de poids, je fus en état (en précipitant l'acide par le muriate de baryte) de faire voir que quand il est solide, il ne contient que de l'acide pur, totalement privé d'eau. Je l'ai obtenu cristallisé en rhomboïdes aplatis tout-à-fait transparens, les grandes faces déviant seulement de quelques degrés de 90°.

L'acide sulfurique se convertit en vapeur à une température qui doit être peu élevée, quoique je ne l'aie pas déterminée avec exactitude. La pesanteur spécifique de cette vapeur est 2,7777, prenant l'air commun pour unité. 1 volume de cette vapeur s'unit, en les condensant, à 2 volumes juste de gaz ammoniac. Un volume est donc équivalent à 1 atome de l'acide : car 2 volumes de gaz ammoniac équivalent juste à 1 atome d'ammoniaque.

II. Cherchons à déterminer maintenant le poids de l'atome de l'*acide sulfureux*.

1. Cet acide contient moins d'oxigène que l'acide sulfurique; car lorsque les sulfites alcalins sont dissous dans l'eau, ils se convertissent peu à peu en sulfates : tandis qu'en même temps une quantité d'oxigène est absorbée. Le poids de son atome est donc moindre que celui de l'acide sulfurique.

2. L'acide sulfureux est un composé gazeux que l'on peut former facilement en brûlant du soufre dans de l'oxigène. Or, quand par ce procédé nous convertissons l'oxigène en acide sulfureux, nous ne déterminons aucune altération dans son volume, mais bien une augmentation dans sa pesanteur spécifique. D'où il est évident que, si de la pesanteur spécifique du gaz acide sulfureux nous soustrayons la pesanteur spécifique de l'oxigène, le reste nous donnera le poids du soufre uni à 1 volume de gaz oxigène. Dans un mémoire sur la pesanteur spécifique des gaz, inséré dans le XVIe volume des *Annales de philosophie* (pag. 256), j'ai démontré que la véritable pesanteur spécifique de l'acide sulfureux est 2,2222, et nous avons vu que le gaz hydrogène pèse 1,1111. Dès lors, il faut en conclure que l'acide sulfureux est composé de

Soufre . .	1,1111
Oxigène .	1,1111
	2,2222

ou, de poids égal de chacun de ses principes consti-

tuans. Nous pouvons considérer le gaz acide sulfureux comme composé de

1 volume gaz oxigène 1 volume de vapeur de soufre	condensés en 1 vol.

3. On peut obtenir le gaz hydrogène sulfuré en mêlant du sulfure d'antimoine et de l'acide muriatique, dans une petite cornue que l'on chauffe avec une lampe. Le gaz peut se recueillir sur le mercure. Il a une odeur fétide, et une pesanteur spécifique de 1,1805; il brûle avec une flamme bleue; et pour en brûler complétement 1 volume, il faut un volume ½ d'oxigène. Il se forme de l'eau et une quantité de gaz acide sulfureux, juste égale au volume d'hydrogène sulfuré consumé.

Cette combustion suffit pour nous mettre en état de déterminer la composition du gaz hydrogène sulfuré; il n'est sans doute pas inutile de dire que quand le soufre est chauffé dans de l'hydrogène, le gaz est en partie converti en hydrogène sulfuré, mais aucune variation n'a lieu dans son volume. D'après cela, il est évident que 1 volume de gaz hydrogène sulfuré contient juste 1 volume de gaz hydrogène.

Ceci bien compris, analysons la composition de ce gaz d'après sa combustion avec l'oxigène. Un de ses volumes exige 1 volume ½ d'oxigène, et forme de l'eau et 1 volume de gaz acide sulfureux. Ce demi-volume d'oxigène a été employé à la formation de l'eau, en s'unissant à 1 volume de gaz hydrogène. Le volume entier d'oxigène doit avoir contribué à la formation de l'acide sulfureux, et doit s'être combiné avec 1 volume de vapeur de soufre.

Ainsi, nous voyons que le gaz hydrogène sulfuré est composé de

1 volume gaz hydrogène 1 volume vapeur de soufre	} condensés en 1 vol.

et nous obtenons sa composition en établissant la pesanteur spécifique de chacun des constituans; car il doit être formé de

Hydrogène	0,0694	ou	0,125
Soufre . .	1,1111	ou	2,000
	1,1805		2,125

Il n'est donc point douteux qu'il résulte de 1 atome d'hydrogène uni à 1 atome de soufre; 0,125 est le poids de 1 atome d'hydrogène, et 2 doit donc représenter le poids de l'atome de soufre.

4. La composition du gaz hydrogène sulfuré nous indique que 1 volume de vapeur de soufre équivaut à 1 atome, et 1 volume de gaz oxigène à 2 atomes. Or, le gaz acide sulfureux est composé de 1 volume de vapeur de soufre et de 1 volume de gaz oxigène; il est donc composé de 1 atome de soufre et de 2 atomes d'oxigène; et puisque 1 atome de soufre pèse 2, le poids de l'atome d'acide sulfureux sera 4.

III. Il serait facile de faire voir, en suivant ce mode de raisonnement, que 1 atome d'acide hyposulfureux pèse 3.

Ainsi, on peut représenter le poids de l'atome de

soufre et de ses composés acides de la manière suivante :

	POIDS DE L'ATOME.
Soufre	2
Acide hyposulfureux. . . .	3
Acide sulfureux	4
Acide sulfurique	5
Hydrogène sulfuré	2,125

	SOUFRE.	OXIGÈNE.
L'acide hyposulfureux est composé de	1 at.	+ 1 at.
– sulfureux	1	+ 2
– sulfurique	1	+ 3
		HYDROGÈNE.
Hydrogène sulfuré	1	+ 1

L'acide hyposulfurique de Gay-Lussac est le produit de l'union d'une particule intégrante d'acide sulfureux, avec une autre d'acide sulfurique; conséquemment le poids de son atome est 9; et il est composé de 2 atomes de soufre et 5 atomes d'oxigène.

SECTION VI.

Poids de l'atome de sélénium.

Il est si difficile de se procurer du sélénium, que, pour faire mes expériences, j'ai été obligé de me restreindre à de très-petites quantités; et comme je n'en ai jamais eu en ma possession qu'environ 2 grammes, il ne m'a pas été possible d'obtenir des résultats satisfaisans. Je suis donc obligé, pour déterminer le poids de son atome, de m'en rapporter entièrement aux

expériences de Berzélius, qui fort heureusement sont faites en général avec tant de précision, qu'elles donnent de très-bonnes approximations.

Le sélénium forme avec l'oxigène un acide, que l'on a désigné sous le nom d'*acide sélénique;* et avec l'hydrogène, un composé gazeux, qui a été nommé *gaz hydrogène sélénié.*

1. L'acide sélénique se combine en deux portions avec la plupart des bases, et en trois avec un grand nombre d'entre elles; et de ces sortes de combinaisons, résultent des sels que l'on désigne sous les noms de *séléniates, biséléniates* et *quadroséléniates.* Deux séléniates ont été analysés par Berzélius, savoir : le *séléniate de soude* et le *séléniate de baryte.* Essayons de déduire de chacune de ces analyses le poids de l'atome d'acide sélénique.

1° Le séléniate de soude ne cristallise pas de suite, quoique l'on puisse lui faire déposer de petits cristaux. Le biséléniate cristallise plus aisément et prend la forme d'aiguilles. Berzélius rendit anhydre un poids donné de chacun de ces sels, les mêla avec deux fois leur poids de sel ammoniac, et fit sublimer; l'acide sélénique fut volatilisé et décomposé, et il ne resta que la base de chaque sel unie à l'acide muriatique, ou plutôt à l'état de chlorure de sodium. 100 parties de séléniate de soude ont fourni 66 parties ⅓ de sel commun, équivalant à 35,55 de soude. Dès lors ce sel est composé de

Acide sélénique	64,44	ou	7,25
Soude . . .	35,55	ou	4
	100		11,25

Cent parties de bisséléniate (anhydre, mais privé aussi d'un peu d'acide) ayant été traitées de la même manière, ont donné 41 parties ⅔ de sel commun, équivalent à 22,22 parties de soude (*Ann. de chim. et de phys.*, t. IX, 258). Il en résulte que les principes constituans de ce sel sont :

Acide sélénique	77,77	ou	14
Soude . . .	22,22	ou	4
	100		18

Il est évident que le premier de ces deux sels contient 1 atome, et le second 2 atomes d'acide sélénique, unis à 1 atome de soude. Mais les poids de l'acide sélénique résultant de ces deux analyses ne s'accordent pas parfaitement, puisque, d'après la première analyse, ce serait 7,25; et seulement 7, d'après la seconde.

2° Le séléniate de baryte est insoluble dans l'eau, et ne peut s'obtenir que sous forme d'une poudre blanche; mais le biséléniate de baryte est soluble, et probablement contient de l'eau de cristallisation.

Deux parties de séléniate anhydre de baryte, dissoutes dans l'acide muriatique et précipitées par l'acide sulfurique, ont fourni 1,765 de sulfate de baryte, équivalent à 1,1657 parties de baryte. Dès lors ce sel est composé de

Acide sélénique	0,8343	ou	6,9782
Baryte . . .	1,1657	ou	9,75
	2,0000		

1,271 parties de biséléniate anhydre de baryte,

traitées de la même manière, produisirent 7,85 parties de sulfate de baryte, équivalant à 518,9 baryte; ce qui indique que le biséléniate est composé de

Acide sélénique	752,1	ou	14,132
Baryte . . .	518,9	-	9,75
	1271,0 (1)		

D'après l'analyse du séléniate de baryte, le poids de l'atome d'acide sélénique est 6,9782; et suivant celle du biséléniate, il est 7,066.

Quoique ces résultats ne coïncident pas exactement, néanmoins ils concourent à rendre très-probable que le véritable poids de l'atome d'acide sélénique est 7. Je regarde l'analyse du séléniate de baryte comme étant susceptible d'une plus grande précision que celle du séléniate de soude. Or le poids de l'atome d'acide sélénique, déduit comme terme moyen des analyses du séléniate et du biséléniate de baryte, est 7,02211, quantité qui approche très-près de 7.

2. Je puis rapporter ici quelques-uns des essais que j'ai entrepris pour déterminer le poids de l'atome d'acide sélénique, quoique le succès de mes expériences n'ait pas répondu à mon attente. Je fis dissoudre dans l'eau 21,63 parties d'acide sélénique cristallisé, chauffé jusqu'à ce qu'il commençât à sublimer; et j'ajoutai par petites portions du carbonate de soude cristallisé réduit en poudre, jusqu'à ce que le liquide ait commencé à donner une couleur violette au papier réactif. Il fallut 43,43 parties du carbonate

(1) *Ann. de Chim. et de Phys.* IX, 262.

pour produire cet effet. Le liquide fut alors évaporé à siccité, et le résidu sec exposé à une température d'environ 316° c. au bain de sable, jusqu'à ce qu'il cessât de donner aucune humidité. Il représentait 30,4 parties. Comme il contenait un excès de soude, le sel fut dissous de nouveau dans l'eau; et quelques gouttes d'acide muriatique étant ajoutées, le tout fut encore évaporé à siccité. Le liquide représentait alors 32 2/3, et par conséquent était augmenté de 2,266 parties.

Cette augmentation de quantité fut occasionée par l'union de l'acide muriatique avec le surplus de la soude. Je ne remarquai aucune effervescence: aussi je n'ai point de preuve qu'il y ait eu de l'acide carbonique expulsé. Le sel ayant été exposé à la chaleur, il est évident que le sel commun a été converti en chlorure de sodium. La manière la plus simple de déterminer sa quantité serait de le considérer comme étant composé de 3,5 d'acide muriatique et de 4 de soude. Or 3,5 : 4 :: 2, 266 (augmentation obtenue) : 2,59 = la soude dans le sel commun dont la quantité se montait à 4,856 parties. Ce nombre, soustrait de 32,666, laisse 27,816 parties de biséléniate de soude. Or ce sel contient 21,63 parties d'acide sélénique; donc le biséléniate de soude est composé de

Acide sélénique	21,63	ou	14
Soude. . . .	6,18	ou	4
	27,61		

Cette expérience donna donc 7 pour le poids de

l'atome d'acide sélénique. Mais je considère cette circonstance comme purement accidentelle, car en répétant l'opération une seconde fois, le biséléniate se trouva composé de

Acide sélénique	12,353
Soude . . .	4

résultat qui réduirait le poids de l'atome d'acide sélénique à 6,176. Mais ce mode d'expérimentation n'a pas toute la précision nécessaire pour décider un point aussi délicat. Chaque fois que le sel fut évaporé à siccité, il se sépara un peu de sélénium, ce qui empêcha la quantité de sel d'être constamment la même. J'entrepris de déterminer le poids de l'atome d'acide sélénique en le précipitant du séléniate de soude, au moyen du muriate de baryte; mais le précipité produit par ce sel n'est que partiel: une portion d'acide sélénique reste en dissolution, même après qu'on a ajouté un excès considérable de muriate de baryte.

N'ayant pas réussi dans tous ces essais à déterminer quel était le poids de l'atome de cet acide, il eût été nécessaire d'avoir recours à l'analyse directe de quelques séléniates; mais indépendamment de ce que j'avais employé tout l'acide dont je pouvais disposer, je n'avais point de raison pour espérer de mon analyse des résultats plus exacts que ceux déjà obtenus par Berzélius.

Tout bien considéré, je balance peu à regarder le nombre 7 comme le véritable poids de l'atome de cet acide.

2. Les expériences faites par Berzélius sur le gaz

hydrogène sélénié nous mettront à même de déterminer facilement le poids atomistique du sélénium, d'où nous pourrons déduire directement la composition de l'acide sélénique.

Ce gaz est sans couleur, a une odeur qui ressemble assez à celle de l'hydrogène sulfuré; il est très-soluble dans l'eau, rougit les couleurs bleues végétales, et précipite les métaux de leurs dissolutions. Pour déterminer ses principes constituans, Berzélius en fit passer un courant à travers une dissolution d'acétate d'argent; il se précipita de l'argent sélénié, qui pesa, étant sec, 1,888. Cet argent sélénié fut dissous dans l'acide nitrique; et l'on jeta la dissolution bouillante dans l'acide muriatique. Par ce moyen, le sélénium fut décomposé, et l'argent se précipita à l'état de chlorure. Le chlorure d'argent ainsi obtenu, pesait 1,844. Or le chlorure d'argent est composé de 1 atome de chlore = 4,5 et 1 atome d'argent = 13,75, en telle sorte que 18,25 parties de ce chlorure en contiennent 13,75 d'argent; en conséquence 1,844 parties de ce chlorure doivent avoir pour parties constituantes :

Chlore . .	0,4546
Argent . .	1,3894
	1,8440

Or ces 1,3894 d'argent formaient un des deux élémens des 1,888 parties de séléniure d'argent; l'autre élément était le sélénium; par conséquent le séléniure d'argent est composé de

Argent . .	1,3894	ou 13,75
Sélénium. .	0,4986	ou 4,9343
	1,8880	

13,75 étant le poids de l'atome d'argent, 4,9343 doit représenter celui de l'atome de sélénium.

L'argent dans l'acétate, à travers lequel on fit passer l'hydrogène sélénié, était à l'état d'oxide, composé de

1 atome d'argent. . . .	13,75
1 atome d'oxigène . .	1
	14,75

Mais dans le séléniure il était à l'état métallique, parce que l'hydrogène sélénié et l'oxide d'argent s'étaient réciproquement décomposés. L'hydrogène du gaz s'était uni à l'oxigène de l'oxide, et avait formé de l'eau, tandis que le sélénium et l'argent, en se combinant, formaient le séléniure d'argent. Ce séléniure étant composé d'un atome d'argent et d'un atome de sélénium, et l'eau, d'un atome d'oxigène et d'un atome d'hydrogène, il est évident que l'hydrogène sélénié doit être composé d'un atome hydrogène et d'un atome sélénium. Donc sa composition, d'après l'analyse précédente, doit être

Sélénium .	4,9343
Hydrogène .	0,125

Mais si le nombre 7 est le poids de l'atome d'acide sélénique, il est évident que, dans le fait, le poids atomistique du sélénium doit être 5, au lieu de 4,9343; car l'acide sélénique doit être composé de

sélénium 1 atome
oxigène 2 atomes

et son poids ne pourrait être 7, qu'autant que celui du sélénium serait 5.

La véritable composition de l'hydrogène sélénié doit donc être

Sélénium . .	5	ou 40
Hydrogène . .	0,125	ou 1
	5,125	

et le poids de l'atome de ce gaz sera 5,125.

On fera voir, dans le chapitre suivant, que la pesanteur spécifique de la plupart des gaz s'obtient en multipliant le poids de leur atome par 0,5555, ou par la moitié de la pesanteur spécifique de l'oxigène. Or $5,125 \times 0,5555 = 2,8522$, qui doit être la pesanteur spécifique du gaz hydrogène sélénié.

SECTION VII.

Poids de l'atome d'arsenic.

L'arsenic a la propriété de se combiner avec au moins deux proportions d'oxigène, et de former deux composés très-connus et très-vénéneux, que l'on désigne sous les noms d'*acide arsenique* et d'acide *arsenieux*. Il s'unit aussi avec le gaz hydrogène, et produit un composé gazeux dont les propriétés, du moins jusqu'à présent, ne sont qu'imparfaitement connues. L'examen des acides que fournit l'arsenic nous donnera les moyens de déterminer le véritable poids de l'atome de cette substance.

1. L'acide arsenique s'obtient aisément en dissolvant de l'arsenic dans l'acide nitrique mêlé avec une petite quantité d'acide muriatique, et en évaporant la dissolution à siccité. C'est une substance blanche soluble dans l'eau; sa dissolution aqueuse est d'une saveur très-aigre; cet acide produit, avec la plupart des oxides métalliques, des composés insolubles dans l'eau, mais très-solubles dans l'acide nitrique; avec l'ammoniaque, la potasse et la soude, il s'unit en deux proportions, et forme aussi avec chacun d'eux des composés solubles. Les binarséniates de potasse et de soude cristallisent facilement; le premier en prismes à quatre pans, et le second en rhomboïdes. Le binarséniate de soude contient un peu plus de 20 pour cent d'eau, étant composé de

2 atomes acide arsénique	=	15,5
1 atome de soude . .	=	4,0
5 atomes d'eau . . .	=	5,625
		25,125

ainsi que je m'en suis assuré en en faisant soigneusement l'analyse (1). Ce sel, à une température d'environ 260° c., perd toute son eau de cristallisation; il se convertit d'abord en liquide, puis se change en une poudre blanche, qui fond à une chaleur rouge, et devient un liquide transparent, complètement anhydre.

(1) Ou plutôt une synthèse. Comme cette expérience est importante, en ce qu'elle démontre l'inexactitude des opinions de Berzélius, relativement à la composition de cet acide, je me propose d'en donner le détail dans le chapitre XVIIIe de cet ouvrage.

Si, à une dissolution de 25,125 parties de cristaux de binarséniate de soude, on ajoute 18 parties de carbonate de soude cristallisé, et qu'on agite le mélange jusqu'à ce que toute la soude soit dissoute, et que le gaz acide carbonique se soit dissipé, on trouvera que le liquide ne peut plus rougir les couleurs bleues végétales. Or 18 parties de carbonate de soude en contiennent juste 4 de soude, qui équivalent à un atome. Il est évident, d'après cela, que les cristaux rhomboïdes contiennent 2 atomes d'arsenic unis à 1 atome de soude; car 25,125 parties de ces cristaux en contiennent exactement 4 de soude, qui équivalent à un atome.

On a déjà démontré que le nitrate de plomb est un sel anhydre composé de

1 atome acide nitrique . .	=	6,75
1 at. protoxide de plomb .	=	14
		20,65

Par conséquent 41,5 parties en contiennent 28 de protoxide de plomb; ce qui équivaut à 2 atomes.

19,5 parties de binarséniate de soude anhydre, et 41,5 de nitrate de plomb cristallisé, furent dissoutes séparément dans de l'eau distillée; les dissolutions étant mêlées, il se fit une double décomposition; l'acide arsenique et le protoxide de plomb s'unirent, et précipitèrent à l'état d'arséniate insoluble. Le liquide clair, transparent et incolore qui surnageait, rougissait les couleurs bleues végétales; mais il fut complétement neutralisé par l'addition de 18 parties de carbonate de soude

cristallisé. Le liquide ainsi devenu neutre fut essayé par le sulfate de soude et par le nitrate de plomb; mais aucun de ces deux réactifs n'y produisit de changement sensible; ce qui prouve l'absence et du plomb et de l'acide arsenique. Or, il est évident, d'après cette expérience, que 19,5 parties de binarséniate anhydre de soude contiennent juste 4 parties de soude; car les 13,5 parties d'acide nitrique contenues dans 41,5 de nitrate de plomb exigent 8 parties de soude pour devenir neutres. Pour compléter cette neutralisation (après que l'oxide de plomb eut été séparé), il fut nécessaire d'ajouter seulement 18 parties de carbonate contenant 4 parties de soude; par conséquent 4 parties avaient déjà été combinées avec l'acide nitrique, et ces quatre parties n'avaient pu provenir que du binarséniate de soude. 19,5 parties de binarséniate anhydre de soude sont donc composées de

Acide arsénique	15,5
Soude	4
	19,5

Ces 15,5 parties d'acide arsenique en ont neutralisé 28 de protoxide de plomb, qui équivalent à 2 atomes; par conséquent 15,5 parties d'acide arsenique doivent équivaloir à 2 atomes. Ainsi, nous voyons que le poids de l'atome de l'acide arsenique est 7,75.

2. Examinons maintenant la composition de cet acide. Dans une petite cornue de verre vert, préalablement pesée, et sur laquelle on avait inscrit, à

l'aide d'un diamant, le poids obtenu, on introduisit 4,75 parties d'arsenic métallique, et on versa dessus trente grammes environ d'acide nitrique assez concentré. En appliquant à l'appareil une chaleur modérée, l'arsenic fut dissous avec effervescence. Aussitôt que la dissolution fut complète, on luta un récipient à la cornue; tout l'acide nitrique fut, non-seulement distillé, mais on continua le feu jusqu'à ce que l'intérieur de la cornue devînt entièrement sec. Par cette opération, l'arsenic se trouva converti en acide arsenique, et représentait exactement 7,75 parties.

D'après cette expérience, il est évident que l'acide arsenique est composé de

Arsenic . . .	4,75
Oxigène . . .	3
	7,75

On peut conclure de là que le poids de l'atome d'arsenic est 4,75, et que l'acide arsenique est composé d'un atome arsenic et de trois atomes oxigène.

3. Recherchons à présent quel est le poids de l'atome de l'acide arsenieux : substance que l'on connaît dans le langage vulgaire, sous le nom d'*arsenic blanc*. Il rougit les couleurs bleues végétales, est soluble dans l'eau, et s'unit aux bases, bien qu'il ne paraisse pas pouvoir les neutraliser. L'expérience suivante, qui est aussi simple que facile à faire, prouvera d'une manière évidente quels sont le poids et la composition de cet acide.

On mit 6,75 parties d'acide arsenieux pur dans une petite cornue, dont on avait préalablement dé-

terminé le poids, et on versa dessus environ 30 gr. d'un mélange composé de 12 parties d'acide nitrique, dont la pesanteur spécifique était 1,25, et d'une partie d'acide muriatique ayant 1,2 pour pesanteur spécifique. La cornue, ayant été exposée à une chaleur modérée, l'acide arsenieux fut promptement dissous avec effervescence; et l'on continua de chauffer jusqu'à ce que tout le liquide eût passé dans le récipient, et que la surface intérieure de la cornue fût entièrement sèche. La meilleure manière de sécher la cornue est de la mettre dans le bain de sable, et de la couvrir entièrement de sable (jusqu'à l'extrémité du bec), à la température de 260° à 316° c : on la laisse ainsi pendant plusieurs heures. Par cette opération, l'acide arsenieux fut converti en acide arsenique, et sa quantité fut exactement de 7,75 parties.

D'après cette expérience, il est évident que l'acide arsenieux contient un atome d'oxigène de moins que l'acide arsenique; donc le poids de son atome est 6,75, et il est composé d'un atome arsenic et de deux atomes oxigène.

Il est facile de voir, d'après cette recherche, qu'un atome d'arsenic pèse 4,75, et que la composition et les poids atomitisques des acides d'arsenic sont :

	ARSENIC.		OXIGÈNE.	POIDS ATOMIST.
Acide arsenieux	1 atome	+	2 atomes	6,75
Acide arsenique	1 atome	+	3 atomes	7,75

en telle sorte que la constitution de ces acides est la même que celle des acides sulfureux et sulfurique.

4. Il est extrêmement probable qu'il existe un oxide d'arsenic, composé d'un atome d'arsenic et

d'un atome d'oxigène, et qui pèse conséquemment 5,75. Quand de très-minces fragmens de métal d'arsenic sont exposés à l'air, ils perdent bientôt leur éclat métallique, et s'émiettent en une poudre noire. Cette poudre noire est probablement l'oxide en question; mais elle n'a pas été examinée par les chimistes modernes. A l'époque où je m'occupais des expériences rapportées dans cette section, je fis quelques essais pour en rechercher la composition, mais ils ne réussirent pas, et depuis lors je n'ai pas eu le temps de les recommencer.

5. L'arsenic a également la propriété de se combiner avec l'hydrogène, et de former un composé gazeux, qui fut d'abord découvert par Schéele, mais qui n'a jamais été obtenu à l'état de pureté. D'après ce que nous savons sur la nature des autres composés que forment les substances combustibles en s'unissant à l'hydrogène, il me semble qu'il ne peut y avoir de difficulté à établir, théoriquement, les principales propriétés de cette combinaison.

C'est probablement un composé d'un atome d'arsenic et d'un atome d'hydrogène, et par conséquent le poids de son atome doit être 4,875.

D'après l'analogie des autres composés gazeux d'hydrogène et d'un combustible, il paraît très-probable que c'est un composé de

1 volume vapeur d'arsenic 1 volume gaz hydrogène	} condensés en 1 vol.

Nous aurons sa pesanteur spécifique, à l'état gazeux, en multipliant le poids de son atome par 0,5555. Or

$4,875 \times 0,5555 = 2,7083$ = la pesanteur spécifique du gaz hydrogène arsenié. Celle de la vapeur d'arsenic doit être 2,6388.

Un volume de gaz hydrogène arsenié exigera pour sa combustion complète, soit 1 volume ½, soit 2 volumes d'oxigène. Dans le premier cas, il se formera de l'eau et de l'acide arsenieux, et dans le second, de l'eau et de l'acide arsenique.

SECTION VIII.

Poids de l'atome de tellure.

Nous avons examiné les poids atomistiques de tous les combustibles acidifiables, à l'exception de celui de tellure, qui est une substance si rare, qu'il n'a jamais été en mon pouvoir de faire sur elle aucune expérience. Mais Berzélius a déterminé la composition de son oxide, avec son exactitude ordinaire. Nous pouvons donc tirer parti des expériences de ce chimiste, pour compléter la série des poids atomistiques de tous les combustibles simples acidifiables.

Suivant Berzélius, le tellure s'unit seulement avec une dose d'oxigène, et donne un oxide qui a la singulière propriété de former des sels neutres, tant avec les oxides qu'avec les acides; de sorte que ce métal possède à la fois les caractères d'un acide et d'un alcali. Davy a découvert qu'avec l'hydrogène il produit un gaz dont les propriétés ressemblent à celles des gaz hydrogène sulfuré, phosphoré, sélénié

et arsenié. Mais aucune expérience n'a été encore faite pour déterminer, soit la pesanteur spécifique, soit la composition de ce gaz.

1. Berzélius a fait deux expériences analytiques d'où l'on peut déduire le poids de l'atome de tellure.

1° Il trouva que 100 parties de tellure donnaient 124,8 parties d'oxide. D'où il suit que l'oxide de tellure est composé de

Tellure . .	100	ou	4,032
Oxigène . .	24,8	ou	1

Nous voyons par ce résultat que l'oxide de tellure est composé d'un atome de tellure et d'un atome d'oxigène : quantité qui diffère fort peu du nombre 4. Le poids de l'atome de tellure est 4,032. D'ailleurs, il est excessivement difficile de faire sans quelque perte une expérience comme celle à l'aide de laquelle Berzélius a déterminé la composition de l'oxide de tellure. Si la perte s'est élevée à 0,2, ce qui n'est pas plus que $\frac{1}{621}$ du total, alors l'oxide de tellure serait composé de

Tellure . . .	100	ou	4
Oxigène . . .	25	ou	1
			5

et le poids de l'atome de tellure sera exactement 4, et celui de l'oxide 5.

2° Berzélius a trouvé que 201,5 parties de tellurate de plomb fondues contenaient juste le même poids de protoxide de plomb que 157 parties de sul-

fate (*Annals of philosophy*, III, 250) : mais 157 parties de sulfate de plomb en contiennent 115,684 de protoxide de plomb; d'où il suit que le tellurate de plomb est composé de

Protoxide de plomb	115,684	ou	14
Oxide de tellure .	85,816	ou	10,385
	201,500		

Afin que cette expérience puisse s'accorder avec la première, il faut que le sel analysé ait été un bi-tellurate, ou bien un composé de 2 atomes d'oxide de tellure, et d'un atome de protoxide de plomb.

Le poids de l'atome d'oxide de tellure, d'après cette analyse, serait 5,1925.

Ce résultat est un peu au-dessus du poids déduit de la composition de l'oxide de tellure. La première expérience étant beaucoup plus simple, et par conséquent susceptible d'une plus grande exactitude que l'autre, on ne peut pas hésiter à la préférer, et conséquemment à regarder le nombre 4 comme le véritable poids de l'atome de tellure, et 5 comme celui de l'atome d'oxide de tellure.

2. Nous pouvons donc, avec assez de probabilité, déduire la pesanteur spécifique et la constitution de l'hydrogène telluré, de la composition connue de composés semblables, si cette substance résulte de

1 vol. de tellure en vapeur } condensés en 1 vol.
1 vol. d'hydrogène }

ce qui arrive pour les autres composés; et si un vo-

ceptibles de se combiner avec l'hydrogène, et de former par leur union avec lui un composé gazeux, tels sont : l'iode, le carbone, le phosphore, le soufre, le sélénium, l'arsenic et le tellure. Les deux autres corps restans, le bore et le silicium, entrent en combinaisons gazeuses avec l'acide fluorique; substance dont il ne sera question que dans un autre chapitre, quoique nous donnions, dans les tables suivantes, la pesanteur spécifique et les poids atomistiques des gaz, afin de compléter la série des corps gazeux.

2. Nous avons vu que l'eau était composée d'un volume oxigène et de 2 volumes hydrogène; tandis que, d'après la proportion dans laquelle l'hydrogène se combine avec tous les corps connus, il y a tout lieu de regarderdeux volumes de ce gaz comme équivalant à 1 atome; ou si nous préférons, pour plus de simplicité, indiquer 1 atome d'hydrogène par 1 volume du gaz, alors nous devons représenter 1 atome d'oxigène par ½ volume du gaz. Nous avons également vu que le chlore et l'azote avaient, quant à leurs poids atomistiques et à leurs volumes, les mêmes rapports que le gaz hydrogène; c'est ce qui a lieu aussi pour l'iode, le carbone, le phosphore et le soufre, à l'état de vapeur. Nous n'avons point encore déterminé, à l'aide de l'expérience, le poids atomistique et le volume des vapeurs du sélénium, de l'arsenic et du tellure. Je pense néanmoins que nous pouvons sans crainte appliquer la même loi à ces corps.

Il paraît donc que l'on obtient le poids de l'atome de l'oxigène en divisant la pesanteur spécifique de ce gaz par elle-même : car $\frac{1,111}{1,111} = 1$; quant aux poids

atomistiques des autres gaz ou vapeurs, on les trouve en divisant la pesanteur spécifique du gaz ou de la vapeur, par la moitié de la pesanteur spécifique de l'oxigène, c'est-à-dire 0,5555 (1).

Nous avons déterminé, avec la plus scrupuleuse exactitude, dans les chapitres précédens, les pesanteurs spécifiques des gaz oxigène, hydrogène, chlore et azote. La connaissance des poids atomistiques des autres corps nous aidera à déterminer avec autant de précision celles des vapeurs et des gaz dont elles sont parties constituantes; car nous obtenons ces pesanteurs spécifiques en multipliant les poids atomistiques par 0,5555.

La table suivante donne les poids des atomes, ainsi que les pesanteurs spécifiques des gaz et des vapeurs soumis à cette loi.

I. *Gaz dont la pesanteur spécifique est égale au poids de l'atome, multiplié par* 1,1111.

	POIDS DE L'ATOME.	PESANT. SPÉCIF.
Gaz oxigène	1	1,1111
Acide fluosilicique	3,25	3,6111

(1) Il est presque inutile de faire remarquer au lecteur que la raison pour laquelle le multiplicande de la pesanteur spécifique des gaz est ½ ou ¼, provient de ce que l'on rapporte à différentes unités les pesanteurs spécifiques de ces corps, et le poids de leurs atomes. Ainsi, la pesanteur spécifique de l'air atmosphérique est l'unité à laquelle on rapporte celle de tous les autres gaz, tandis que relativement au poids atomistique des autres gaz, c'est l'oxigène que l'on choisit pour unité. Il est donc évident que lorsque l'on convertit en poids atomistiques des pesanteurs spécifiques, il faut, pour passer d'un système dans un autre, employer ordinairement

II. *Gaz et vapeurs dont la pesanteur spécifique est égale au poids de l'atome, multiplié par* 0,5555.

1. GAZ SIMPLES ET VAPEURS.

		POIDS DE L'ATOME.	PESANT. SPÉC.
	Hydrogène	0,125	0,0694
	Vapeur de carbone. . . .	0,75	0,4166
5.	Vapeur de phosphore . . .	1,5	0,8333
	Gaz azote	1,75	0,9722
	Vapeur de soufre	2	1,1111
	Vapeur de tellure	4	2,2222
	Chlore	4,5	2,5
10.	Vapeur d'arsenic	4,75	2,6388
	Vapeur de sélénium . . .	5	2,7777
	Vapeur d'iode	15,5	8,61111

2. COMBINAISONS DE L'HYDROGÈNE AVEC UNE BASE SIMPLE.

	Hydrogène carburé . . .	1	0,5555
	— phosphoré . . .	1,625	0,9027
15.	— hypophosphoré .	1,25	0,6944
	Bihydrogure de phosphore .	1,75	0,9722
	Hydrogène sulfuré	2,125	1,1805
	— telluré	4,125	2,2916
	— arsénié	4,875	2,7083
20.	— sélénié	5,125	2,8522

3. COMBINAISONS DE L'OXIGÈNE AVEC UNE BASE SIMPLE.

	Vapeur	1,125	0,625

pour diviseur 1/2 ou 1/4 de la pesanteur spécifique de l'oxigène. Tout inconvénient disparaîtrait si l'on prenait également pour unité la densité de l'oxigène aussi bien que son poids atomistique.

	POIDS DE L'ATOME.	PESANT. SPÉCIF.
Gaz oxide de carbone . .	1,75	0,9722
Acide carbonique	2,75	1,5277
Protoxide d'azote	2,75	1,5277
25. Vapeur d'acide nitrique . .	6,75	3,75
Acide sulfureux	4	2,2222
Vapeur d'acide sulfurique .	5	2,7777

4. AUTRES GAZ COMPOSÉS.

Cyanogène	3,25	1,8055
Acide fluoborique	4,25	2,3611
30. Sulfure de carbone	4,75	3,6388
Acide chlorocarbonique . .	6,25	3,4722

La pesanteur spécifique de ces différens gaz et vapeurs, au nombre de vingt-neuf, ayant été obtenue en multipliant les poids atomistiques de chacun d'eux par 0,5555, ou par la moitié de la pesanteur spécifique de l'oxigène, il est évident que l'on peut substituer pour tous 1 volume à 1 atome : ou, en d'autres termes, que les pesanteurs spécifiques et les poids atomistiques de chacun d'eux ont les mêmes rapports les uns avec les autres. Dans le gaz oxigène et dans l'acide fluosilicique, au contraire, ½ volume représente 1 atome ; de manière que dans la première série de gaz, un volume contient deux fois autant d'atomes que dans la seconde.

III. Il y a cinq gaz composés, dont les poids atomistiques et les pesanteurs spécifiques ont un rapport différent entre eux, d'après les gaz inscrits dans la table précédente. Ces gaz, tels qu'ils y sont indiqués, peuvent être considérés comme étant formés d'un volume, ou d'un nombre déterminé de volumes de

15.

chaque partie constituante tellement condensés, qu'un volume du gaz composé est à un volume de gaz oxigène, comme un volume d'hydrogène est à un volume de gaz oxigène. Mais il existe quatre gaz composés qui sont formés d'un volume de chacun des constituans unis, sans aucune condensation. Conséquemment leurs pesanteurs spécifiques, au lieu d'être égales à celles de tous leurs constituans ajoutés ensemble, ne sont que les moyennes des pesanteurs spécifiques de ces constituans. Les volumes de ces gaz peuvent donc être réellement considérés comme étant doubles, eu égard à leurs poids atomistiques. Ces gaz sont le *deutoxide d'azote*, la *vapeur d'acide hydrocyanique*, l'*acide muriatique*, et l'*acide hydriodique*.

1. Le deutoxide d'azote est composé d'un volume oxigène et d'un volume azote, unis ensemble, sans aucune altération de volume. Sa pesanteur spécifique est donc la moyenne de celles des gaz oxigène et azote, ou 1,0416.

2. Les acides hydrocyanique, muriatique et hydriodique se composent respectivement d'un volume d'hydrogène uni à un volume de cyanogène, de chlore et de vapeur d'iode, sans condensation.

3. La composition de l'ammoniaque à l'état gazeux est analogue à celle des quatre gaz dont nous venons de parler. Ce gaz est composé de 1 volume azote, et de 3 volumes hydrogène, condensés en 2 volumes; en sorte que sa pesanteur spécifique, au lieu d'être égale à celle du gaz azote, ajoutée à trois fois la pesanteur spécifique de l'hydrogène, n'est seulement que la moitié de cette quantité, ou 0,59027. Donc,

quant à son poids atomistique, son volume est aussi doublé.

On doit voir, d'après ce que nous venons de dire, que la pesanteur spécifique dans ces cinq gaz s'obtient en multipliant le poids de l'atome de chacun d'eux par 0,2777, ou ¼ de la pesanteur spécifique de l'oxigène.

La table suivante indique les poids atomistiques et les pesanteurs spécifiques de ces différens gaz.

	POIDS DE L'ATOME.	PES. SPÉC.
Gaz ammoniac.	2,125	0,59027
Vapeur d'acide hydrocyanique .	3,375	0,9375
Deutoxide d'azote	3,75	1,04166
Acide muriatique	4,625	1,28472
Acide hydriodique	15,625	4,34027

Il est évident qu'un volume d'oxigène contient quatre fois autant d'atomes qu'un volume de l'un ou l'autre de ces cinq gaz, auxquels nous pouvons substituer, si nous les comparons l'un avec l'autre, un atome à un volume; mais si nous mettons ces cinq gaz en parallèle avec ceux de la table précédemment indiquée, 2 volumes représenteront 1 atome : tandis qu'un volume de la seconde série de gaz en indiquera aussi 1. Ainsi, quand on veut combiner 1 atome d'acide sulfureux ou d'acide carbonique avec 1 atome d'ammoniaque, il faut mêler un volume de gaz acide avec 2 volumes de gaz ammoniac.

4. La composition du protoxide de chlore diffère de celle des deux séries précédentes de gaz. Il est composé (si les expériences de Davy sont exactes) de 4 volumes chlore et de 2 volumes oxigène, con-

densés en 5 volumes. Nous obtenons sa pesanteur spécifique en ajoutant ensemble quatre fois la pesanteur spécifique du chlore et deux fois celle de l'oxigène, et en divisant la somme par 5; cela nous donne 2,4444 pour la pesanteur spécifique de ce gaz. Comme c'est un composé de 1 atome chlore et de 1 atome oxigène, son poids atomistique est évidemment 5,5. Maintenant, la pesanteur spécifique de ce gaz s'obtient en multipliant son poids atomistique par 0,4444, qui représente les $\frac{4}{5}$ de la pesanteur spécifique du gaz oxigène; car $5,5 \times 0,4444 = 2,4444$. Il est facile de voir pourquoi il en est ainsi, d'après la condensation particulière que les principes constituans de ce gaz éprouvent lorsqu'ils viennent à se combiner.

5. Les tables précédentes ne font pas mention du gaz oléfiant; mais nous nous sommes réservés le soin d'en traiter séparément à cause de sa nature particulière. Sa pesanteur spécifique est 0,9722; et il est évident, d'après les phénomènes déterminés par sa combustion, qu'il est composé de 2 volumes de gaz hydrogène, et de 2 volumes de carbone réunis en un. Or, comme dans ces deux corps on peut remplacer les atomes par des volumes, ce gaz est évidemment composé de 2 atomes hydrogène et de 2 atomes carbone. D'où il résulte que son poids atomistique est 1,75; mais $1,75 \times 0,5555 = 0,9722$. Ce gaz a donc des rapports avec les gaz composés de la deuxième table; aussi aurions-nous dû l'inscrire dans la seconde division de ce tableau, après l'hydrogène carburé.

Mais cette substance, qui est évidemment un com-

posé de 1 atome d'hydrogène et de 1 atome de carbone, a la singulière propriété de paraître susceptible de former une variété de gaz différant les uns des autres par le nombre des parties intégrantes de carbure d'hydrogène que contient un seul volume. Il paraît qu'il y a des gaz qui contiennent une, deux, trois, quatre, cinq, six parties intégrantes. Par conséquent la pesanteur spécifique de chacun de ces gaz sera différente, bien que d'ailleurs elle ait été réglée d'après la loi qui détermine la pesanteur spécifique des gaz composés de la seconde table. Il peut être utile de faire connaître leurs poids atomistiques ainsi que leurs pesanteurs spécifiques.

	POIDS DE L'ATOME.	PESANT. SPÉCIF.
Hydrocarbure simple	0,875	0,4861
Gaz oléfiant	1,75	0,9722
Gaz de l'huile, ou tritohydrocarbure	2,625	1,4583
Vapeur d'éther sulfurique contenant 4 vol.	3,5	1,9444
Naphte en vap. cont. 6 vol. . .	5,25	2,9166

Le premier de ces cinq gaz est le seul que l'on n'ait point encore trouvé; mais il faut le chercher parmi les gaz inflammables que l'on retire des végétaux ou de la houille.

CHAPITRE VIII.

DU POIDS DES ATOMES DES ALCALIS FIXES ET DES TERRES ALCALINES.

Nous avons déterminé, dans les chapitres précédens, les poids atomistiques des corps simples qui constituent les bases des acides. Je me propose, dans les cinq qui vont suivre, de rechercher le poids des atomes des bases des corps alcalins, en comprenant sous la dénomination d'*alcali* toutes les bases susceptibles de neutraliser les acides.

Les substances, que l'on désigne ordinairement sous le nom d'*alcalis fixes* et de *terres alcalines*, sont :

1° la potasse
2° la soude
3° la lithine
4° la baryte
5° la strontiane
6° la chaux
7° la magnésie.

Sir H. Davy a démontré le premier que ces corps étaient des composés d'oxigène avec certains métaux solides d'une couleur blanche, qui ont une si grande affinité pour ce gaz, qu'il est difficile de les conserver dans leur état métallique ; en effet, à l'exception du potassium et du sodium, les autres, sous le rapport de leur utilité, sont en quelque sorte inconnus, puisqu'on ne peut se les procurer en quantité suffisante pour pouvoir en faire des applications utiles. Les

alcalis fixes et les terres alcalines, au contraire, qui forment les *oxides* de ces bases métalliques, sont journellement employés et nous offrent quelques-unes des substances les plus importantes que les chimistes connaissent. Ils constituent les bases des sels les plus usités et les plus utiles; aussi, pour les progrès de la science, est-il de la plus haute importance de connaître exactement les poids atomistiques de ces composés alcalins. Nous nous occuperons principalement de cette recherche, et la connaissance des poids atomistiques des bases sera comme la conséquence des notions que nous aurons acquises sur leur composition.

SECTION Ire.

Poids de l'atome de potasse et de potassium.

Il existe deux sels de potasse qui, lorsqu'ils sont convenablement préparés, ne contiennent pas d'eau, et sont respectivement formés d'eau unie aux acides nitrique et sulfurique. Ce sont le nitrate et le sulfate de potasse.

1. Le nitrate de potasse cristallise en prismes à six pans, terminés par des pyramides hexaèdres. Lorsqu'on le fait chauffer jusqu'au rouge, l'acide nitrique se dissipe peu à peu et la potasse pure reste. Au premier coup d'œil, il paraît facile de déterminer par ce moyen la composition du salpêtre; car la perte en poids indiquerait la quantité d'acide nitrique, tandis que le résidu dans le creuset serait la potasse; si nous avions un vaisseau qui puisse ne pas être atta-

qué par le salpêtre chauffé jusqu'au rouge, et si la potasse était absolument fixe, cette manière d'opérer serait bonne. Mais il m'a été impossible d'obtenir des résultats satisfaisans en décomposant ce sel par la chaleur. Le procédé qui m'a le mieux réussi, fut de triturer une quantité donnée de salpêtre avec deux fois autant de sable siliceux, et de faire fondre le mélange dans un creuset de platine. Lorsque j'employai 12,75 parties de salpêtre, la perte en poids a été d'environ 6,75, quoique toujours elle excédât de quelque chose cette quantité.

2. Le sulfate de potasse nous offre une méthode facile de déterminer avec précision le poids de l'atome de la potasse. Cependant, avant de rapporter le procédé mis en usage pour parvenir à ce but, je crois devoir rappeler au lecteur que le poids de l'atome de l'acide sulfurique est 5, et que 13,25 parties de chlorure de barium sont une quantité de baryte suffisante pour neutraliser 5 d'acide sulfurique.

On fit fondre séparément dans de l'eau distillée 11 parties de sulfate de potasse et 13,25 parties de chlorure de barium. Les deux solutions ayant été mêlées, il s'opéra une double décomposition, et le sulfate de baryte se précipita sous forme de poudre blanche. Après que la liqueur eut recouvert sa transparence, le précipité étant complétement déposé, il fut essayé par le sulfate de soude et le muriate de baryte; mais aucun de ces réactifs ne le troubla en aucune manière et ne produisit d'*opalescence* : preuve qu'il ne contenait ni baryte ni acide sulfurique. Cette expérience démontre, d'une manière évidente, que l'acide sulfurique des 11 parties de sulfate de potasse

suffit pour saturer la baryte des 13,25 parties de chlorure de barium. Par conséquent le poids de cet acide monte exactement à 5. Cela étant, le sulfate de potasse doit donc être composé de

Acide sulfurique . . .	5
Potasse	6
	11

Mais puisque le sel est neutre, et que 5 est le poids d'une particule intégrante d'acide sulfurique, il est clair que 6 doit être le poids d'une particule intégrante de potasse.

3. Le poids de l'atome de la potasse étant connu, il est facile de déterminer, d'après les expériences qui ont été faites sur le potassium, le poids atomistique de ce métal. Il paraît, d'après celles de MM. Gay-Lussac et Thénard, que quand 100 grains (6,475 gram.) de potassium sont mis dans l'eau, le métal se combine avec l'oxigène de ce liquide et qu'il est converti en potasse : tandis que l'hydrogène qui se dégage donne 116,38 pouces cubes (1,904 cent. c.). Pour faire cette expérience, on plongea un volume donné de potassium dans l'eau ; or, connaissant sa pesanteur spécifique, il était facile d'en déduire son poids. J'ai répété plusieurs fois cette opération, en employant divers moyens pour pouvoir peser le potassium ; mais il me fut impossible d'obtenir de meilleurs résultats que ceux des chimistes français. J'en ferai donc usage : d'ailleurs, ils sont suffisans pour remplir le but que je me propose.

Le gaz oxigène, qui doit s'être uni avec 100 grains

(6,475 gram.) de potassium, doit avoir monté à $\frac{116,38}{2}$ = 58,19 pouces cubes (967 cent. c.); son poids est 19,72. Ainsi la potasse, suivant les expériences de MM. Gay-Lussac et Thénard, est composée de

Potassium . . .	100	ou	5,121
Oxigène	19,72	ou	1
			6,121

Le poids d'un atome de potasse, d'après cette expérience, est 6,121; et c'est un composé d'un atome potassium ou 5,121, et d'un atome oxigène. Or, il est évident que ce poids de l'atome de potasse est un peu trop fort, et qu'il aurait dû être 6 et non pas 6,121. Cela provient sans doute de ce que le gaz hydrogène développé a été évalué un peu au-dessous de la véritable quantité. Quiconque prendra la peine de répéter cette expérience ne sera nullement embarrassé pour expliquer cette légère différence.

Berzélius employa une autre méthode pour déterminer la composition de la potasse. Il mit une certaine quantité d'amalgame de potasse dans l'eau, lequel fut promptement décomposé; le potassium s'étant converti en potasse et se dissolvant dans l'eau, tandis que le mercure coulant restait. La potasse ainsi formée fut saturée d'acide muriatique, le liquide évaporé jusqu'à siccité, et le résidu salin pesé. La différence entre le poids de l'amalgame et du mercure coulant restant, donna le poids du potassium; et celui du muriate de potasse qui s'était formé fournit les données nécessaires pour déterminer le poids de la potasse. Il est évident que la différence

entre les poids du potassium et de la potasse était la quantité d'oxigène avec laquelle s'était combiné le potassium. Cette expérience donne donc pour principes constituans de la potasse

Potassium . . .	100	ou	4,889
Oxigène	20,45	ou	1
			5,889

Ainsi, 1 atome de potassium pèse 4,889, et une particule intégrante de potasse 5,889. Ce résultat est un peu au-dessous de la vérité, tandis que celui des chimistes français est un peu au-dessus.

La moyenne de ces deux nombres donne 5,005, pour le poids de l'atome de potassium. Le vrai poids est sans doute 5; et la potasse est composée d'un atome de potassium = 5, et d'un atome d'oxigène = 1. En conséquence son poids atomistique est 6, ainsi que nous avons pu nous en convaincre par l'expérience rapportée au commencement de cette section.

4. Le potassium se combine avec une dose additionnelle d'oxigène, et forme un corps solide de couleur jaune, que l'on a désigné sous le nom de *peroxide* de potassium. D'après les expériences de Gay-Lussac et Thénard, il paraît que 100 grains (6,475 gram.) de potassium, lorsqu'ils sont convertis en peroxide, se combinent avec 177 po. cub. (2,900 cent. c.) de gaz oxigène. Or ce nombre est juste triple de celui de la quantité qui est nécessaire pour convertir le potassium en potasse : car on a vu que 100

grains (6,475 gram.) de potassium absorbaient 58,19 pouces cubes (967 cent. c.) d'oxigène quand ils étaient convertis en potasse ; et que $\frac{177}{3} = 59$. Le peroxide de potassium doit donc être composé de

1 atome potassium	=	5
3 atomes oxigène .	=	3
		8

et le poids de sa particule intégrante est 8.

Il est bon de remarquer que cette expérience de Gay-Lussac et Thénard donne pour poids de l'atome du potassium une toute autre quantité que celle qui a été précédemment indiquée. En effet, 59 po. cub. (967 cent. c.) de gaz oxigène pèsent 20,38 ; en sorte que, d'après cette expérience, la potasse se compose de

Potassium	100	ou	4,9068
Oxigène . .	20,38	ou	1
			5,9068

L'atome de potassium, dans la première expérience, pèse 5,121 ; dans la seconde 4,9068 : la moyenne des deux nombres est 5,0139, quantité qui approche beaucoup plus près de la vérité que celle obtenue dans l'une ou dans l'autre de ces expériences prises isolément.

SECTION II.

Poids des atomes de soude et de sodium.

On peut déterminer le poids de l'atome de la soude

avec la même précision, et à peu près de la même manière que le poids atomistique de la potasse.

1. Le sulfate de soude est un sel transparent bien connu, qui cristallise avec grande facilité. J'ai fait avec soin l'analyse de ce sel, et je lui ai reconnu pour principes constituans :

1 atome d'acide sulfurique .	5
1 atome de soude	4
10 atomes d'eau	11,25
	20,25

Le poids de son eau de cristallisation n'est pas toujours exactement le même. Je l'ai trouvé montant à 11,28; ce qui excède la véritable quantité atomistique de 0,03. Cette eau en excès se trouve mécaniquement interposée entre les lames des cristaux; mais on la fait aisément disparaître en réduisant ces cristaux en poudre, et en les pressant entre deux feuilles de papier non collé pliées en quatre. Cependant, comme il est très-facile de rendre ce sel anhydre, il est préférable de l'employer dans cet état lorsque l'on veut faire l'expérience que je vais décrire. On y parvient en effet, soit en le plaçant pendant quelques heures sous le récipient d'une machine pneumatique, avec un vase ouvert contenant de l'acide sulfurique, soit en l'exposant à une chaleur modérée, dans un creuset de platine.

Neuf parties de sulfate de soude anhydre, et 13,25 parties de chlorure de barium, furent dissoutes séparément dans de l'eau distillée. Les deux solutions ayant été mêlées, il s'opéra une double décomposi-

tion, et le sulfate de baryte se précipita sous forme de poudre blanche. Quand le liquide fut devenu transparent, on l'essaya avec le sulfate de soude et le muriate de baryte; mais aucun de ces réactifs ne l'altéra ni ne le rendit opalescent : preuve qu'il ne contenait aucune quantité sensible de baryte ou d'acide sulfurique. Il résulte de cette expérience, que l'acide sulfurique dans 9 parties de sulfate de soude anhydre est juste saturé par la baryte de 13,25 parties de chlorure de sodium. Or, nous savons que cette quantité est exactement 5 : donc le sulfate anhydre de soude est composé de

Acide sulfurique ..	5
Soude	4
	9

le nombre 5 étant le poids de l'atome de l'acide sulfurique et le sel étant neutre, 4 doit être le poids atomistique de la soude.

2. Le poids atomistique de la soude étant connu, il est facile, d'après les expériences de MM. Gay-Lussac et Thénard, de déterminer sa composition, et de déduire le poids de l'atome de sodium. 100 grains (6,475 gram.) de sodium, mis dans l'eau, furent aussitôt convertis en soude, tandis que 198,3 pouces cubes (3,250 cent. c.) d'hydrogène se dégagèrent. On voit, par cette expérience, que quand 100 grains (6,475 gram.) de sodium sont convertis en soude, ils se combinent avec 99,15 pouces cubes (1,624 cent. c.) de gaz oxigène, ou 33,6 grains (2,275 gram.). Les parties constituantes de la soude sont donc, d'après cette

expérience :

Sodium	100	ou	2,976
Oxigène	33,6	—	1
			3,976

Nous voyons que la soude est composée de 2,976 de sodium et 1 d'oxigène, ou, en d'autres termes, de 1 atome sodium et de 1 atome oxigène. L'atome de sodium, dans cette expérience, est 2,976, et celui de soude, 3,976. Mais ce résultat est un peu au-dessous de la vérité, puisque nous venons de voir que le vrai poids atomistique de la soude était 4. Ces données suffisent néanmoins pour nous convaincre que la soude se compose de 1 atome sodium et de 1 atome oxigène; et que le poids atomistique de sodium, est 8.

Berzélius a essayé d'évaluer quelle était la quantité d'oxigène nécessaire pour convertir un poids donné de sodium en soude; et pour y parvenir, il suivit le même procédé que celui auquel il avait eu recours pour déterminer les principes constituans de la potasse. Ce chimiste obtint en résultat, que la soude était composée de

Sodium	100	ou	2,896
Oxigène	34,52	—	1
			3,896

évaluation qui s'éloigne un peu plus de la vérité que celle de MM. Gay-Lussac et Thénard.

Sir H. Davy a fait différentes expériences dans le

même but; et il en a conclu que la soude était composée de 73 à 75 de sodium, et de 25 à 27 d'oxigène. Voici, d'après un de ses essais, quelle est la composition de cette substance :

Sodium	. 100	ou	3
Oxigène	. 33 ⅓	—	1
			4

Or, ce nombre s'accorde parfaitement avec celui fourni par le poids atomistique de la soude, tel que nous l'avons déterminé dans le premier paragraphe de cette section.

Il ne peut y avoir de doute que l'atome de sodium ne pèse 3, et que 1 atome de sodium et 1 atome d'oxigène ne soient les principes constituans de la soude.

3. Le sodium, comme le potassium, a la propriété de se combiner avec une dose additionnelle d'oxigène, et de former une substance solide d'un jaune verdâtre, que l'on a désignée sous le nom de peroxide de sodium. Il paraît, d'après les expériences de Gay-Lussac et Thénard, que le sodium, dans le peroxide de ce métal, est uni à une fois et demie autant d'oxigène qu'il en existe dans la soude. (*Recherches physico-chimiques*, tom. Ier, pag. 152.) D'où il résulte que ce peroxide est un composé de

Sodium . .	3
Oxigène . .	1,5
	4,5

en telle sorte que son poids atomistique est 4,5; et

qu'il est composé de 1 atome sodium et de 1 atome ½ d'oxigène, ou de 2 atomes sodium et 3 atomes oxigène. Une chose remarquable, c'est que la soude ait de la tendance à se combiner avec plusieurs des acides, dans la même proportion que le sodium avec l'oxigène.

SECTION III.

Des poids atomistiques de la lithine et du lithium.

Quoique la *lithine* ne soit connue que depuis quelques années, et quoique, jusqu'à présent, on n'ait pu s'en procurer que des petites quantités, ses propriétés cependant ont été examinées avec tant de soin, et les sels qu'elle forme ont été analysés avec tant d'exactitude, que l'on est parvenu à déterminer le poids de son atome avec autant de précision que celui de toutes les autres bases alcalines. J'ai examiné plusieurs sels de lithine, et j'ai remarqué que son sulfate était celui sur lequel on devait le plus compter, lorsqu'on voulait déterminer d'une manière rigoureuse le poids de son atome.

1. Le sulfate de lithine cristallise très-bien par évaporation spontanée, même quand il est en petite quantité. Il forme des prismes quadrangulaires rectangles, qui ne s'effleurissent point à l'air. Il a un goût salé, sans aucune espèce d'amertume, et contient de l'eau de cristallisation, dont on le prive facilement en l'exposant à une chaleur d'à peu près 316° c.

Ce sel, à l'état anhydre, a été analysé par Arfwed-

son, Vauquelin et Gmelin; mais Stromeyer a établi la composition du sel et la proportion de son eau de cristallisation.

Selon Arfwedson (1), les principes constituans de ce sel sont;

Acide sulfurique	68,41	ou	5
Lithine . . .	31,59	–	2,308
	100,00		

D'après Vauquelin (2), la lithine se composerait de

Acide sulfurique	69,2	ou	5
Lithine . . .	30,8	–	2,225
	100,0		

Ce sel étant neutre, et 5 le poids de l'atome de l'acide sulfurique, le nombre correspondant pour la lithine doit, d'après les résultats obtenus par ces chimistes, désigner le poids d'un atome de cet alcali. La lithine pèse donc, d'après l'analyse de Arfwedson, 2,308, et d'après celle de Vauquelin, 2,225. Maintenant, si nous prenons la moyenne de ces deux nombres, nous aurons 2,266 pour poids de l'atome de la lithine. Ce nombre approche très-près de 2,25, qui est, ainsi que je vais le faire voir, le véritable poids atomistique de la lithine.

L'analyse de Gmelin (3) nous donne (les corrections étant faites):

(1) *Ann. de Chim. et de Phys.*, tom. X, pag. 90.
(2) *Ann. de Chim.*, tom. VIII, pag. 286.
(3) *Gilbert's*, *Annalen*, LIXI, pag. 238.

Acide sulfurique	67,15	ou	5
Lithine . . .	32,85	—	2,416
	100,00		

Le poids de l'atome de la lithine, déterminé par cette analyse, est plus élevé que celui trouvé par Vauquelin ou même par Arfwedson, puisqu'il va jusqu'à 2,416. Mais si l'on compare l'analyse du carbonate de lithine faite par Gmelin, avec celle qu'il nous a donnée du sulfate, on verra qu'elles ne doivent pas être tout-à-fait exactes. Le carbonate de lithine fondu se compose, selon Gmelin, de

Acide carbonique	54,46	ou	2,75
Lithine	45,54	—	2,2995
	100,00		

en telle sorte que, d'après son analyse du sulfate, le poids de l'atome de la lithine est 2,416, tandis qu'il n'est que 2,2995, d'après celle qu'il a donnée du carbonate. Cette différence doit faire craindre d'employer l'analyse de ce chimiste, lorsque l'on veut déterminer le poids de l'atome de cet alcali.

L'analyse de Stromeyer est plus récente que celles des trois chimistes dont nous venons de parler, et approche de la vérité plus qu'aucune autre (1).

Cent parties de cristaux contiennent (d'après Stromeyer) 13 parties d'eau; et le sel anhydre (corrections faites des calculs) est composé de

Acide sulfurique	68,977	ou	5
Lithine . . .	31,023	—	2,2488
	100		

(1) *Untersuchungen*, I, 435.

L'eau, étant réduite aux proportions atomistiques, est 1,083, ou presque 1 atome.

2. J'exposai dans un creuset de platine, et à la température de 316° c., 8,375 parties de cristaux de sulfate de lithine préparés avec le plus grand soin, et je les y maintins jusqu'à ce que le sel fût entièrement privé d'humidité. La perte en poids fut juste de 1,125, ce qui équivaut à 1 atome. Les 7,25 parties du sel anhydre furent dissoutes dans la plus petite quantité d'eau distillée possible, et on mêla le liquide avec une solution de 13,25 de chlorure de barium. Dès que le sulfate de baryte se fut précipité, on essaya le liquide restant, avec le sulfate de soude et le muriate de baryte. Mais aucun de ces réactifs ne détermina d'opalescence : preuve qu'il ne contenait ni baryte, ni acide sulfurique. Par conséquent l'acide sulfurique, dans 7,25 parties de sulfate anhydre de lithine, monte exactement à 5. Ce qui reste du sel étant de la lithine, il est évident que la véritable composition de ce sel est

Acide sulfurique	5	ou	1 atome
Lithine	2,25	–	1 atome
Eau	1,125	–	1 atome
	8,375		

donc 2,25 est le véritable poids atomistique de la lithine, et le sulfate contient 1 atome de chacun de ses composés.

Sir H. Davy a confirmé que la lithine, comme la potasse et la soude, était un composé d'un métal d'une couleur blanche, appelé *lithium*, et d'oxigène.

Quoiqu'on n'ait pas cherché, à l'aide des expériences, à reconnaître quelle était la proportion de ces deux constituans, il est cependant facile de déterminer la vraie composition de la lithine, à présent que nous connaissons le poids atomistique de cet alcali et celui de l'oxigène. La potasse et la soude sont l'une et l'autre composées de 1 atome oxigène, et de 1 atome de potassium et de sodium respectivement. Nous retrouverons ces mêmes principes constituans dans la baryte, la strontiane, la chaux et la magnésie. On peut donc raisonnablement en conclure que la lithine est aussi un composé de 1 atome oxigène et de 1 atome lithium. Par conséquent 1,25 doit être le poids de ce dernier, et la lithine doit se composer de

1 atome lithium . .	1,25
1 atome oxigène . . .	1
	2,25

SECTION IV.

Poids de l'atome de baryte et de barium.

La propriété dont jouit la baryte, de former avec l'acide sulfurique un sel insoluble, nous a engagé à l'employer dans plusieurs des sections précédentes, pour déterminer le poids atomistique des différens corps. Nous avons déjà dit que le sulfate de baryte était un composé de

Acide sulfurique .	5
Baryte	9,75
	14,75

ce qui prouve, à n'en point douter, que 9,75 doit être le poids de l'atome de la baryte; cependant, pour éviter les difficultés qui pourraient se présenter à l'esprit du lecteur, nous croyons nécessaire d'entrer dans quelques détails.

1. Lorsque l'on fait passer un courant de chlore à l'état gazeux sur de la baryte chauffée jusqu'au rouge, ce gaz est absorbé; il y a en même temps dégagement d'oxigène, et la baryte se change en chlorure de barium. Sir H. Davy, auquel nous sommes redevables de cette expérience, a démontré que pour chaque volume de chlore absorbé par la baryte, il se dégageait ½ volume d'oxigène. On voit que l'oxigène est déplacé de la baryte par le chlore, et que par conséquent la baryte est convertie en barium. Un demi-volume de gaz oxigène et un volume entier de chlore, étant l'un et l'autre équivalant à 1 atome, il est clair que la baryte doit être un composé d'un atome barium et d'un atome oxigène. Donc un atome de barium doit peser 8,75.

2. On a fait voir, dans un des chapitres précédens, que l'acide muriatique était composé de 1 atome chlore = 4,5, et de 1 atome hydrogène = 0,125; ce qui porte son poids atomistique à 4,625.

3. On a également démontré que l'eau se composait de 1 atome oxigène, de 1 atome hydrogène, et que 1,125 était son poids atomistique.

4. Une partie intégrante de muriate de baryte anhydre pèse 14,375, étant composée de

1 atome acide sulfurique	. =	4,625
1 atome baryte	. . . . =	9,75
		14,375

5. Si l'on expose le muriate de baryte à une chaleur rouge, il se produit une double décomposition. L'hydrogène de l'acide et l'oxigène de la base venant à s'unir l'un avec l'autre, forment une particule d'eau que la chaleur enlève, tandis que le chlore et le barium restent unis à l'état de chlorure de barium. Car il est évident que 14,375 parties de muriate de baryte peuvent être décomposées en

1 atome d'eau	=	1,125
1 atome chlorure de barium.	=	13,25
		14,375

6. Toutes les fois que le chlorure de barium est dissous dans l'eau, il est converti de nouveau en muriate de baryte. Une partie de l'eau est décomposée, son hydrogène convertit le chlore en acide muriatique, et l'oxigène change le barium en baryte.

7. Ainsi, il paraît que quand on expose à une chaleur rouge du muriate de baryte, il se convertit en chlorure de barium; et que quand ce dernier est dissous dans l'eau, il devient muriate de baryte. Nous pouvons donc employer 13,25 parties de chlorure de barium comme équivalant à 14,75 parties de muriate de baryte, et comme capables de fournir 9,75 de baryte.

Ces notions une fois posées, nous pouvons procéder, à l'aide de l'expérience, à la recherche du poids atomistique de la baryte.

Ayant fait dissoudre séparément dans l'eau distillée 13,25 parties de chlorure de barium et 11 parties de sulfate de potasse, on mêla ensuite les deux solutions. Une double décomposition eut lieu : le

sulfate de baryte précipita au fond du vase, tandis que le muriate de potasse resta en solution. Ces deux sels étaient parfaitement neutres; et la solution ne présentait aucune trace, ni d'acide sulfurique ni de baryte. Le sulfate de baryte ayant été recueilli, pesait 14,75. La solution, évaporée à siccité, donna pour résidu 9,5 parties de chlorure de potassium. Or les poids de ces deux sels montent à 24,25; quantité qui équivaut aux poids combinés de chlorure de barium et de sulfate de potasse, employés pour faire l'expérience.

Onze parties de sulfate de potasse en contiennent 5 d'acide sulfurique, qui doivent se trouver dans les 14,75 de sulfate de baryte. Ce sel, en conséquence, doit être un composé de

Acide sulfurique	5
Baryte . . .	9,75
	14,75

Le sel étant neutre, et 5 représentant le poids atomistique de l'acide sulfurique, il est clair que 9,75 doit être le poids de l'atome de la baryte.

Le muriate de baryte est un sel blanc, d'une saveur piquante et désagréable, cristallisant en petits prismes tétraèdres à bases carrées. J'ai reconnu, en analysant avec soin plusieurs de ces cristaux, qu'ils étaient composés de

1 atome acide muriatique .	= 4,625
1 atome baryte	= 9,750
1 atome d'eau	= 1,125
	15,5

Si l'on expose à une chaleur rouge 15,5 parties de muriate de baryte, elles réduisent à 13,25 parties; en telle sorte que la perte éprouvée, laquelle est due à l'évaporation de l'eau, est 2,25. Cette perte équivaut à 2 atomes d'eau, dont l'un se trouvait dans le sel, comme eau de cristallisation, et dont l'autre était formé par le muriate de baryte, converti en chlorure de barium.

MM. Gay-Lussac et Thénard ont démontré qu'en faisant chauffer dans du gaz oxigène de la baryte anhydre, une portion du gaz était absorbée, et que la baryte était convertie en peroxide d'une couleur grise : mais les données nous manquent pour déterminer combien il contient d'atomes d'oxigène.

SECTION V.

Poids de l'atome de strontiane et de strontium.

On peut aisément déterminer le poids atomistique de la strontiane, à l'aide des expériences semblables à celles que nous avons fait connaître dans la section précédente. Je me bornerai à en citer une seule.

I. Neuf parties de sulfate de soude anhydre, et dix parties de chlorure de strontium (c'est-à-dire du muriate de strontiane, qui a subi une chaleur rouge), furent dissoutes séparément dans de l'eau distillée; ces deux solutions ayant été mêlées, il s'opéra une double décomposition. Il y eut un précipité abondant de sulfate de strontiane; et le liquide restant contenait une certaine quantité de sel commun,

qui était parfaitement neutre, puisqu'on ne remarqua aucun changement sur le papier réactif. Ce résidu liquide ayant également été essayé par le muriate de baryte, on ne trouva rien qui indiquât la présence de l'acide sulfurique. Il ne fut nullement troublé par l'addition du sulfate, de l'arséniate de soude, ou du chromate de potasse, même lorsqu'il fut fortement concentré par l'évaporation; par conséquent, ce liquide ne contenait pas la moindre quantité de strontiane. Le sulfate de strontiane, ayant été recueilli avec soin et exposé à une chaleur rouge, pesait 11,5. Or il contenait tout l'acide sulfurique contenu dans 9 parties de sulfate de soude anhydre : ce qui est juste 5. Les 6,5 parties restant doivent être de la strontiane. Il paraît donc que le sulfate de strontiane est composé de

Acide sulfurique .	5
Strontiane . . .	6,5
	11,5

Le nombre 5 étant le poids de l'atome de l'acide sulfurique, et le sel étant neutre, 6,5 doit être le poids atomistique de la strontiane.

Neuf parties de sulfate anhydre de soude contiennent 4 parties de soude, qui, pour être saturées, exigent 4,625 d'acide muriatique, ce qui équivaut à 4,5 de chlore; et telle doit être aussi la quantité de chlore contenu dans 10 parties de chlorure de strontium. Si de 10 nous otons 4,5, il restera 5,5 : nombre qui indique la quantité de strontium que contiennent dix parties de ce chlorure. Ces 5,5 parties de stron-

tium étant converties en strontiane dans le sulfate, deviennent 6,5. D'où il est évident que la strontiane se compose de 1 atome oxigène et de 1 atome strontium, et que 1 atome de strontium pèse 5,5.

Le muriate de strontiane cristallise en longues aiguilles, formant des prismes à six pans, dont deux faces opposées sont plus larges que les quatre autres. D'après l'analyse scrupuleuse que j'ai faite de ce sel, je me suis assuré que ses principes constituans étaient:

1 atome d'acide muriatique	=	4,625
1 atome de strontiane . .	=	6,5
8 atomes d'eau	=	9
		20,125

en telle sorte qu'une partie intégrante de ce sel pèse 20,125. Quand on expose à une chaleur rouge, dans un creuset de platine, 20,125 de ces cristaux, ils perdent 10,125 parties d'eau, ce qui équivaut à neuf atomes: et il reste 10 parties de chlorure de strontium, qui équivalent au poids d'une partie intégrante de ce chlorure. Ainsi le muriate de strontiane, comme celui de baryte, perd 1 atome d'eau au-dessus de la quantité qu'il contient réellement. Cet atome est produit par la double décomposition du muriate de strontiane en un atome d'eau et en un atome de chlorure de strontium, absolument de la même manière que nous l'avons expliqué dans la section précédente, en parlant de la conversion, par la chaleur du muriate de baryte, en chlorure de barium.

SECTION VI.

Poids de l'atome de chaux et de calcium.

Les sels que nous fournit la chaux sont, ou insolubles dans l'eau, ou bien ils contiennent beaucoup d'eau de cristallisation, dont on ne peut les priver complétement sans risquer de leur faire perdre en même temps une portion de leur acide. Aussi le procédé que j'employai pour déterminer le poids de l'atome de la chaux est-il plus compliqué que celui qui m'a servi à trouver les poids atomistiques des autres corps alcalins dont nous avons parlé dans ce chapitre; néanmoins il est tout aussi certain.

6,25 parties de spath calcaire (maintenues pendant 24 heures à une température plus haute que celle de l'eau bouillante) ayant été dissoutes dans de l'acide muriatique, je fis évaporer jusqu'à siccité la solution à une basse température, afin de me débarrasser de tout l'acide en excès. Le muriate de chaux, rendu neutre par ce moyen, fut dissous de nouveau dans une petite quantité d'eau distillée. Je fis dissoudre dans d'autre eau distillée 8,75 parties de carbonate de potasse pur et anhydre. Ces deux dissolutions ayant été ensuite mêlées, il s'opéra une double décomposition : la chaux et l'acide carbonique se précipitèrent sous forme de carbonate de chaux, tandis que l'acide muriatique et la potasse restèrent en solution, à l'état de muriate de potasse.

Le liquide clair restant, après que le carbonate de

chaux fut précipité, ne changea point la couleur du papier réactif, et par conséquent ne contenait aucune quantité de carbonate de potasse appréciable; et comme il ne fut pas précipité par l'oxalate d'ammoniaque, il ne contenait non plus aucune quantité appréciable de chaux.

Le carbonate de chaux précipité, après avoir été lavé et séché, pesait juste 6,25, ou exactement le même poids que le spath calcaire primitivement dissous dans l'acide muriatique. Il était évidemment composé de toute la chaux, de 6,25 parties de spath calcaire, et de tout l'acide carbonique de 8,75 parties de carbonate de potasse anhydre.

Je m'étais procuré ce dernier en exposant à une chaleur rouge, dans un creuset de platine, des cristaux purs de bicarbonate de potasse, Il a été reconnu que ce carbonate était anhydre, et qu'il avait pour composés

1 atome acide carbonique	=	2,75
1 atome potasse . . .	=	6
		8,75

Il est donc évident, d'après ce résultat, que 6,25 de carbonate de chaux contenait juste 2,75 parties d'acide carbonique. Le résidu étant de la chaux, il est clair que ce carbonate est composé de

Acide carbonique	2,75
Chaux	3,50
	6,25

2,75 étant le poids atomistique de l'acide carboni-

que, et le sel étant neutre, 3,5 doit être le poids de 1 atome de chaux. Il est également évident que le spath calcaire est un composé de 1 atome d'acide carbonique et de 1 atome de chaux.

2. Si l'on fait passer un courant de chlore à travers une certaine quantité de chaux que l'on a fait chauffer jusqu'au rouge, cette terre alcaline sera décomposée : il y aura dégagement de gaz oxigène, et il se formera du chlorure de calcium. Sir H. Davy, auquel nous sommes redevables de cette expérience, a reconnu que pour chaque demi-volume de gaz oxigène dégagé, il y avait absorption de tout un volume de chlore. Or, comme ces deux corps équivalent respectivement à 1 atome, il est évident que la chaux doit être composée de 1 atome oxigène et de 1 atome calcium. Conséquemment 2,5 est le poids de l'atome du calcium.

3. On peut aisément faire cristalliser du muriate de chaux en en plaçant une solution concentrée sous le récipient d'une machine pneumatique où l'on a fait le vide, et sous lequel on a préalablement introduit une capsule de verre contenant de l'acide sulfurique concentré. Ces cristaux présentent de grands prismes à quatre ou six pans, ordinairement striés dans leur longueur. Ils sont composés de

1 atome d'acide muriatique	4,625
1 atome de chaux . . .	3,5
6 atomes d'eau	6,75
	14,875

Quand on expose avec précaution ce muriate à

une chaleur peu à peu élevée jusqu'au rouge, il peut être fondu et converti en chlorure de calcium, sans éprouver presqu'aucune perte de chlore ou d'acide muriatique. Il perd en pareil cas 7 atomes d'eau, 14,875 de muriate cristallisé étant réduits, dans cette opération, à 7 parties de chlorure de calcium. Je vais rapporter une expérience, pour montrer au lecteur comment je suis parvenu à approcher de ces résultats numériques. 12,5 parties de spath calcaire pur (contenant 7 parties de chaux) ayant été mises dans un creuset de platine, furent dissoutes dans de l'acide muriatique dont le poids avait été préalablement déterminé; on fit lentement évaporer la solution jusqu'à siccité, et le sel sec fut fondu en l'exposant à une chaleur rouge : autant qu'il m'a été possible de le déterminer, ce sel fondu, qui était blanc et opaque, pesait 13,98 parties. On versa de l'eau par dessus, et il resta sans être dissous 0,17 d'une poudre blanche, qui était en partie du carbonate de chaux, mais qui contenait aussi un ou deux flocons de sulfate de chaux provenant probablement d'une trace d'acide sulfurique, dans l'acide muriatique employé pour dissoudre le spath calcaire. Or, 0,17 de carbonate de chaux contiennent 0,095 de chaux, ou 0,0678 de calcium, qui, pour être saturé, exige 0,122 de chlore, le tout formant ensemble 0,1898 de chlorure de calcium : quantité qui excède les 0,17 de carbonate de chaux d'environ 0,02 ; ce qui donne (autant qu'il m'a été possible de le déterminer) très-exactement 14 parties.

Or ces 14 parties contenaient 2 atomes de chlore =9, et 2 atomes de calcium, ce qui doit faire 5.

Donc le poids atomistique du calcium est évidemment 2,5 ; et la chaux est composée de 1 atome oxigène et de 1 atome calcium.

SECTION VII.

Poids de l'atome de magnésie et de magnésium.

On peut déterminer le poids de l'atome de magnésie de la même manière que celui des alcalis fixes : car son sulfate, qui cristallise en prismes à quatre pans à bases carrées et qui est parfaitement neutre, est susceptible d'être rendu anhydre au moyen de la chaleur, sans perdre de son acide.

1° 7,5 parties de sulfate anhydre de magnésie, et 13,25 de chlorure de barium, furent dissoutes séparément dans de l'eau distillée. Les deux solutions ayant été mêlées et agitées, une double décomposition eut lieu; le sulfate de baryte précipita, et le muriate de magnésie resta en solution : le liquide surnageant, après que le sulfate de baryte eut été précipité, était parfaitement neutre. Il fut essayé par le sulfate de soude et le muriate de baryte, mais ces deux réactifs ne le troublèrent en aucune manière, preuve qu'il ne contenait ni baryte, ni acide sulfurique : d'où il résulte que l'acide sulfurique, dans 7,5 parties de sulfate anhydre de magnésie, sature juste la baryte de 13,25 parties de chlorure de barium, de manière qu'il s'élève précisément à 5. Le reste du sel étant de la magnésie, il est clair que le sulfate anhydre de magnésie est composé de

Acide sulfurique .	5
Magnésie	2,5
	7,5

Ce sel étant neutre, et 5 étant le poids atomistique de l'acide sulfurique, il est évident que 2,5 doit représenter le poids de l'atome de magnésie.

2° Je suis parvenu à reconnaître, en analysant avec le plus grand soin du sulfate de magnésie cristallisé, que la composition de ce sel était

1 atome acide sulfurique =	5
1 atome magnésie . . . =	2,5
7 atomes eau. . . . . =	7,875
	15,375

en telle sorte que 15,375 est le poids d'une de ses parties intégrantes. Lorsque l'on chauffe convenablement 15,375 parties de cristaux de ce sel, on peut enlever entièrement l'eau sans aucune perte d'acide sulfurique ou de magnésie : car le poids du sel anhydre est juste 7,5 parties. 15,375 de sulfate de magnésie cristallisé précipitent juste toute la baryte que contiennent en solution 13,25 parties de chlorure de barium.

3° Le muriate de magnésie est un sel déliquescent ; mais on peut se le procurer en beaux cristaux transparens, qui m'ont paru composés, d'après l'analyse rigoureuse que j'en ai faite, de

1 atome acide muriatique . =	4,625
1 atome magnésie . . . =	2,5
5 atomes eau. . . . . . . =	5,625
	12,75

Si l'on pouvait rendre le muriate de magnésie anhydre, sans perdre de son acide, il serait évidemment réduit en chlorure de magnésium et ne péserait que 6 parties : mais on ne peut y parvenir, car, lorsque l'on chauffe le muriate, non-seulement l'eau, mais encore une portion considérable de l'acide s'échappe et abandonne la magnésie. Je dois cependant rapporter une expérience qui semble prouver qu'à l'aide de précautions convenables, il est facile de former du chlorure de magnésium. Ce fut le seul essai qui me réussit, quoique mes expériences se montassent à cinq ou six. On fit dissoudre dans de l'acide muriatique 15,31 parties de carbonate de magnésie pur anhydre, équivalant à 7,29 de magnésie. La solution ayant été évaporée à siccité, je fis exposer, à une chaleur rouge commençante, le muriate de magnésie, en prenant toutes les précautions imaginables pour empêcher l'acide muriatique de s'échapper. Le sel ainsi traité pesait 13,3 et était d'une couleur blanchâtre. Ayant versé de l'eau dessus, la plus grande partie du sel fut dissoute, il y eut alors dégagement d'une grande chaleur, et il resta, non dissoutes, 3 parties de magnésie pure. Maintenant, si nous supposons que les 10,3 parties qui furent dissoutes aient existé préalablement sous forme de chlorure de magnésium, elles doivent avoir eu pour constituans :

Magnésium	2,575
Chlore	7,725
	10,300

et 2,375 parties de magnésium équivalant à 4,29

parties de magnésie; or, 4,29 + 3 = 7,29, qui est le montant de la magnésie qui se trouvait primitivement dans le carbonate employé. Il paraîtrait que, dans cette opération, on obtint un chlorure de magnésium.

Si l'expérience précédente mérite quelque confiance, il est évident que la magnésie est composée de

1 atome magnésium .	1,5
1 atome oxigène . .	1,0
	2,5

résultat que confirme l'expérience suivante, primitivement faite par sir H. Davy. Quand on chauffe de la magnésie, et que l'on fait passer dessus un courant de chlore, l'oxigène se dégage, et la magnésie est convertie en chlorure de magnésium; un demi-volume de gaz oxigène se dégage, pour chaque volume de chlore absorbé : ce qui montre que la magnésie ne contient qu'un atome d'oxigène. Conséquemment 1,5 doit être le poids d'un atome de magnésium.

Les différens détails contenus dans les diverses sections de ce chapitre montrent évidemment que les alcalis fixes et les terres alcalines sont tous des substances analogues, puisqu'ils contiennent un atome de base métallique joint à un atome d'oxigène. Cependant le potassium, le sodium et le barium se combinent avec 2 atomes d'oxigène : ce qui diffère de ce que nous avons dit pour les quatre autres bases. Il est néanmoins probable que, d'après la grande analogie qui existe entre tous ces corps,

on reconnaîtra plus tard qu'ils doivent être rangés dans la même catégorie.

La lithine est le plus léger de tous ces corps, et la baryte le plus pesant. Nous croyons utile de présenter, sous forme de table, les poids atomistiques des bases métalliques et des alcalis, en les classant d'après leur poids.

BASES.	POIDS ATOMIST.	ALCALIS.	POIDS ATOM.
Lithium . . .	1,25	Lithine	2,25
Magnésium . .	1,5	Magnésie . . .	2,5
Calcium . . .	2,5	Chaux . . .	3,5
Sodium . . .	3	Soude . . .	4
Potassium . .	5	Potasse . . .	6
Strontium . .	5,5	Strontiane . .	6,5
Barium . . .	8,75	Baryte . . .	9,75

CHAPITRE IX.

DU POIDS ATOMISTIQUE DES TERRES PROPREMENT DITES.

Il y a quatre substances que l'on considère aujourd'hui comme des oxides métalliques, bien que pendant long-temps on leur ait donné le nom de terres *proprement dites*. Quand elles sont pures, ces substances se présentent sous forme de poudres blanches n'ayant aucune saveur. Elle sont insolubles dans l'eau, bien qu'elles puissent former des hydrates solides avec ce liquide. Elles ont la propriété de se combiner promptement avec les acides et de former des sels qui rougissent les couleurs bleues végétales, et se décomposent quand on les expose à une chaleur rouge. Ces quatre différens corps sont l'*alumine*, la *glucine*, l'*yttria*, et le *zircon*. Nous consacrerons ce chapitre à rechercher le poids des atomes de ces corps.

SECTION Ire.

Poids de l'atome d'alumine.

J'ai fait connaître, dans un mémoire inséré dans le IIIe volume des *Annales de philosophie*, page 61, (2e série), le résultat d'une analyse très-compli-

quée de l'alun, d'où j'avais conclu que le poids de l'atome d'alumine était 2,25. Depuis cette époque, M. Phillips a publié quelques expériences sur le sulfate d'alumine, d'après lesquelles il regarde comme très-probable que 3,375 est le poids de l'atome d'alumine. Cette opinion d'un chimiste aussi exact et aussi distingué que M. Phillips me détermina à répéter toutes mes expériences, et à pousser mes recherches plus loin, afin de répandre autant de lumière que possible sur une matière aussi importante qu'elle est difficile. Je présenterai au lecteur dans cette section les résultats que j'ai obtenus.

Il y a trois méthodes au moyen desquelles nous pouvons espérer arriver à une conclusion exacte, relativement au poids de l'atome de l'alumine.

1° Cette substance se présente comme principe constituant dans un grand nombre de minéraux cristallisés, qui paraissent être des combinaisons définies d'acides et de bases. En faisant une scrupuleuse analyse de ces minéraux lorsqu'ils sont dans leur état de pureté, et en connaissant le poids de l'atome de tous les autres constituans, nous pouvons déterminer la quantité d'alumine susceptible de s'unir avec un poids déterminé de l'acide dans le minéral; ce qui nous donnera le poids de l'atome de l'alumine, ou au moins des approximations. 2°. Plusieurs sels artificiels contiennent l'alumine comme une de leurs parties constituantes. Une analyse rigoureuse de ces sels, lorsqu'ils sont purs, doit nous conduire à déterminer exactement le degré de saturation de l'alumine, et par conséquent nous donner le poids

de son atome. 3° L'alumine entre dans des combinaisons définies avec l'eau, et forme différens hydrates, dont l'analyse faite avec précision jettera aussi beaucoup de lumière sur son poids atomistique. Voyons quel nombre nous pouvons déduire pour poids de l'atome de l'alumine, dans chacune de ces méthodes.

L'alumine est un des principes constituans d'un très-grand nombre de minéraux, et l'acide avec lequel il se combine le plus communément est la silice : il se rencontre aussi en combinaison avec les acides phosphorique, fluorique et mellitique; mais les analyses que l'on a faites de ces sortes de combinaisons sont encore trop imparfaites pour que nous puissions nous hasarder à les employer pour résoudre un problème d'une aussi haute importance. Le beril remplirait parfaitement notre but, mais le poids atomistique de la glucine n'a pas encore été déterminé avec assez de précision pour qu'il puisse nous servir à chercher celui de l'alumine. Je me contenterai donc des espèces minérales suivantes, qui toutes ont été analysées avec beaucoup de soin, et que l'on s'est procurées dans le plus grand état de pureté possible; néanmoins, mes analyses de l'anumine se sont étendues sur un plus grand nombre d'espèces encore, et les résultats que j'ai obtenus diffèrent peu de ceux que je vais faire connaître.

1. NÉPHELINE.

Nous avons dit (page 164 de cet ouvrage) que, d'après la dernière analyse de la népheline, laquelle

a été faite par Arfwedson, ses parties constituantes étaient

Silice . . .	44,11
Alumine . .	33,73
Soude . . .	20,46
Eau . . .	0,62
	98,92

nous avons également démontré que la népheline était un composé de trois parties intégrantes de silicate d'alumine, et d'une partie intégrante de sesquisilicate de soude. On a pu voir que la portion de silice unie à l'alumine était 29,17 parties : or

29,17 (la quantité de silice) : 33,78 (l'alumine) :: 2 (atome de silice) : 2,3126 = atome de l'alumine.

2. KARPHOLITE.

Ce minéral rare, que l'on trouve dans le Schlackenwald en Bohême, fut ainsi nommé par Werner, à cause de la ressemblance de sa couleur avec celle de la paille : il se présente sous forme de belles aiguilles, qui toutes habituellement divergent d'un point commun. Sa pesanteur spécifique est 2,923, et il paraît être un peu tendre. Voici, d'après une analyse qui en a été faite par Stromeyer (1), les constituans de ce minéral :

(1) *Untersuchungen* I, pag. 410.

Silice	36,154
Alumine	28,669
Deutoxide de manganèse .	19,160
Peroxide de fer	2,290
Chaux	0,271
Acide fluorique	1,470
Eau	10,780
	98,794

Il paraît que ce minéral, d'après les expériences du professeur Stromeyer, contient ordinairement quelques particules de fluate de chaux. Je ne doute pas que la chaux et l'acide fluorique trouvés par ce chimiste ne doivent leur origine à la présence des petites quantités de ce fluate. Ces deux substances n'ont point été rencontrées, il est vrai, dans les mêmes proportions que dans le fluate de chaux. Je ferai voir, en effet, dans un des chapitres de cet ouvrage, que le fluate de chaux se compose de

Acide fluorique	1,25
Chaux	3,5
	4,75

mais il est si difficile d'obtenir une parfaite analyse de ce minéral, que les plus habiles expérimentateurs ont commis des erreurs beaucoup plus graves que celles que nous supposons.

Stromeyer a obtenu et pesé le manganèse à l'état de deutoxide, mais cette substance a dû exister dans le minéral à l'état de protoxide. Or, le poids de l'atome du protoxide de manganèse est 4,5, et celui

du deutoxide, 5. Si nous réduisons le manganèse contenu dans le minéral, à cette proportion, la quantité de protoxide sera 17,244 parties.

Le peroxide de fer n'est probablement pas une des parties constituantes de ce minéral, et tout porte à croire qu'il y a été introduit par infiltration.

Si nous supposons maintenant que chaque atome d'alumine est uni à un atome de silice, et chaque atome de protoxide de manganèse, à un atome ½ de silice, nous aurons des données pour calculer les principes constituans de ce minéral. Nous considérerons un atome de silice comme 2, un atome d'alumine comme 2,25, et un atome de protoxide de manganèse comme 4,5.

(A) 2,25 (atome d'alumine) : 2 (atome de silice) : : 28,669 (alumine dans le minéral) : 25,483 = silice unie à l'alumine.

(B) 4,5 (atome de protoxide) : 3 (1 atome ½ de silice) : : 17,244 (protoxide dans le minéral) : 11,496 = la silice unie au manganèse.

Mais 25,483 + 11,496 = 36,979, qui excède la quantité de silice trouvée dans le minéral de 0,825 parties : mais $\frac{1}{3,2}$ de silice s'unit au manganèse. Conséquemment, 0,257, de cet excès, doit être rapporté à cette portion de la silice. Il reste 0,568, que l'on doit soustraire de 25,483 parties de silice, que la théorie indiquerait comme étant unie à l'alumine; en telle sorte que d'après l'analyse de Stromeyer, la quantité réelle de silice serait 24,915, or

24,915 : 28,669 :: 2 (atome de la silice) : 2,3013 = poids de l'atome de l'alumine.

3. HARMOTOME.

Ce minéral, que l'on rencontre dans un état de très-grande pureté dans la mine de plomb, à Strontians dans le comté d'Argyl, est composé, suivant Klaproth, de

Silice	49
Alumine	16
Baryte	18
Eau	15
	98

Considérons maintenant ce minéral comme étant composé de 3 parties intégrantes de trisilicate d'alumine, et d'une partie intégrante de bisilicate de baryte, alors

(A) 2,25 (atome d'alumine) : 6 (trois atomes de silice) :: 16 (alumine dans le minéral) : 42,666 = silice unie à l'alumine.

(B) 9,75 (atome de baryte) : 4 (deux atomes de silice) :: 18 (quantité de baryte dans le minéral : 7,384 = silice unie à la baryte.

Mais 42,666 + 7,384 = 50,05, et ce nombre excède celui de la silice trouvée dans le minéral, de 1,05 parties. La silice unie à la baryte étant $\frac{1}{7}$ de la totalité, $\frac{1}{7}$ de cet excès doit être rapporté à cette portion. Il reste 0,9 que l'on doit soustraire de 42,666 parties

de silice, données par théorie, comme étant unies à l'alumine; ce nombre étant soustrait, il reste 41,766 pour la silice qui est réellement combinée à l'alumine, d'après l'analyse de Klaproth; or

41,766 : 16 :: 6 : 2,2985 = poids de l'átome de l'alumine.

4. MÉIONITE.

Nous possédons plusieurs analyses faites avec soin, de ce minéral, que l'on rencontre en très-grande abondance sur le *monte Somma*, près de Naples, et dans d'autres endroits. Il est probablement identique avec la scapolite; ses principes constituans, d'après les expériences du Dr Gmelin de Tubingen [1] (*Schweigger*, XXXV, pag. 36), sont

Silice	40,8
Alumine	30,6
Chaux	22,1
Soude avec un peu de lithine	2,4
Oxide de fer	1,0
Acide carbonique et perte .	3,1
	100,0

Si l'on compare cette analyse avec les deux suivantes, on pourra croire que l'oxide de fer et l'acide carbonique ne s'y trouvent qu'accidentellement, et que la silice, l'alumine et la chaux en sont les seuls principes constituans.

(1) Ce minéral, analysé par Arfwedson, et d'où Berzélius a pris son idée de la composition de la méionite, était évidemment une leucite.

(A) 2,25 (atome d'alumine) : 2 (atome de silice) : : 30,6 (alumine contenue dans le minéral) : 27,2 = silice unie à l'alumine.

(B) 3,5 (atome de chaux) : 2 : : 22,1 (chaux dans le minéral) : 12,62 = silice unie à la chaux.

Mais 27,2 + 12,62 = 39,82, or la silice réellement trouvée dans la méionite excède ce nombre de 0,98 partie.

La silice unie à la chaux se monte à $\frac{1}{3,15}$ de la totalité; en conséquence $\frac{1}{3,15}$ de 0,98, ou 0,311 appartient à la silice unie à la chaux; il reste 0,669, quantité qui, étant ajoutée à 27,2, donne 27,869, pour la silice unie à l'alumine dans la méionite, d'après l'analyse de Gmelin; or

27,869 : 30,6 : : 2 : 2,196 = poids de l'atome d'alumine.

Le professeur Stromeyer a analysé plusieurs échantillons très-purs de méionite, provenant du *monte Somma*, et il les a trouvés composés ainsi qu'il suit (1) :

Silice	40,531
Alumine	32,726
Chaux	24,245
Potasse avec une petite quantité de soude	1,812
Oxide de fer . . .	0,182
	99,496

Dans cette analyse, l'alcali diffère, quant à sa na-

(1) *Untersuchungen*, I, 580.

ture et à sa quantité, du résultat de Gmelin, et l'oxide de fer n'est pas tout-à-fait ⅕ de celle qu'il a obtenue. Calculons la composition de ce minéral, toujours en conservant la supposition que nous avons admise, en examinant le résultat de ce chimiste.

(A) 2,25 : 2 :: 32,726 : 29,08 = silice unie à l'alumine.
(B) 3,5 : 2 :: 24,245 : 13,854 = silice unie à la chaux.

Mais 29,08 + 13,854 = 42,934, quantité qui excède de 2,403 parties, celle de la silice trouvée dans le minéral.

La silice unie à la chaux est $\frac{1}{3,09}$ de la totalité. Or $\frac{1}{3,09}$ de 2,403 est 0,777 qui, étant soustrait de 2,403, laisse 1,626, qui, ôté de 29,08, donnera 27,454, pour la proportion de la silice réellement unie à l'alumine : donc

27,454 : 32,726 :: 2 : 2,3841 = le poids de l'atome de l'alumine.

Le professeur Stromeyer a également analysé un échantillon de méïonite provenant de Sterzing, dans le Tyrol (1), et ce minéral lui a paru composé de

Silice	39,915
Alumine	31,970
Chaux	23,856
Potasse avec une petite quantité de soude . . .	0,894
Protoxide de fer	2,242
Protoxide de manganèse .	0,174
Eau	0,949
	100,000

(1) *Untersuchungen*, I, 590.

La différence dans la proportion de l'alcali et de l'oxide de fer est également évidente dans cette analyse. Soumettons maintenant au calcul les principes constituans de ce minéral, d'après la première supposition.

(A) 2,25 : 2 :: 31,97 : 28,417 = la silice unie à l'alumine.

(B) 3,5 : 2 :: 23,856 : 13,632 = silice unie à la chaux.

Mais 28,417 + 13,632 = 42,049, nombre qui excède la quantité de silice contenue dans le minéral, de 2,134.

La silice unie à la chaux est $\frac{1}{3,08}$ de la totalité. Or $\frac{1}{3,08}$ de 2,134 = 0,69; et 2,134 — 0,69 = 1,444, qu'il faut soustraire de 28,417 ; ce qui donne 26,973, et

26,973 : 31,97 :: 2 : 2,3705 = poids de l'atome de l'alumine.

Nous avons obtenu trois différens poids atomistiques de l'alumine, savoir :

1° D'après l'analyse de Gmelin . . .	2,1960
2° D'après l'analyse de la méionite de monte Somma, par Stromeyer. .	2,3841
3° D'après celle de la méionite du Tyrol, par le même	2,3705
	6,9506
Moyenne	2,3168

5. SCAPOLITE.

M. Nordenskiold (1) a fait avec beaucoup de soin l'analyse de ce minéral, qui paraissait être très-pur, et il lui a reconnu pour principes constituans :

Silice . . .	43,83
Alumine . .	35,43
Chaux . . .	18,96
Eau	1,03
	99,25

La seule différence qui semble exister entre la composition de la méionite et de la scapolite, c'est que la première ne contient que deux parties intégrantes de silicate d'alumine unies à une particule intégrante de silicate de chaux, tandis que la dernière en contient trois.

Calculons la composition de ce minéral, comme nous calculons celle de la méionite.

(A) 2,25 : 2 :: 35,43 : 31,049 = silice unie à l'alumine.
(B) 4,5 : 2 :: 18,96 : 10,834 = silice unie à la chaux.

Or 31,049 + 10,834 = 41,883, nombre qui est de 1,947 au-dessous de la proportion de silice trouvée dans le minéral. En prenant ¼ de cet excès, et l'ajoutant à la chaux, le restant, ou 1,460 parties, devra

(1) *Bidrag till Narmare Karnnedon af Finland's Mineralier ock Geognosie*, p. 63.

être ajouté au 31,049 ; ce qui donnera 32,409 ; et

32,409 : 35,43 :: 2 : 2,0580 = poids de l'atome de l'alumine.

6. SCOLEZITE.

Gehlen et Fuchs ont analysé avec soin ce minéral, et, d'après le terme moyen recueilli dans plusieurs essais, ils lui reconnaissent pour principes constituans :

Silice	46,4
Alumine	25,7
Chaux	14,2
Eau	13,6
	99,9

J'ai analysé différens échantillons de scolezite ; un seul ne contenait pas de soude, et les constituans furent à peu près les mêmes que ceux trouvés par les deux savans que nous venons de citer. Dans quelques autres échantillons, la quantité de soude variait depuis 0,5 jusqu'à 1,5 pour cent : preuve que ce minéral contenait un mélange de natrolite.

Supposons que la scolezite se compose de trois parties intégrantes de silicate d'alumine et d'une partie intégrante d'alumine, avec trois atomes d'eau, et voyons, d'après cette supposition, quels seront ses composés.

2,25 : 2 :: 25,7 : 22,844 = silice unie à l'alumine.
3,5 : 6 :: 14,2 : 24,3428 = silice unie à la chaux.

Or, 22,844 + 24,3428 = 47,1868, quantité qui dépasse de 0,6868 le nombre fourni par la silice trouvée réellement dans la scolezite.

La silicie unie à la chaux est $\frac{1}{1,93}$ du tout, et $\frac{1}{1,93}$ partie de 0,6868 = 0,3557. Cette quantité étant soustraite de 0,6868, laisse 0,3311, que l'on doit ôter de 22,844, ce qui donne 22,513 pour la silice qui est réellement combinée avec l'alumine dans le minéral; et

22,513 : 25,7 :: 2 : 2,2831 = poids de l'atome de l'alumine.

7. BUCHOLZITE.

Il paraît, d'après ce que nous avons dit de ce minéral à la page 163 de cet ouvrage, que ses principes constituans sont, suivant l'analyse de Brandes:

Silice	46
Alumine	50
Oxide de fer . .	2,5
Potasse	1,5
	100,0

et que la silice unie à l'alumine dans ce minéral est 44,391 parties : or

44,391 : 50 :: 2 : 2,2527 = atome de l'alumine.

8. LEUCITE.

Arfwedson a reconnu que la Leucite, que l'on

trouve en si grande abondance dans les environs du Vésuve, et toujours sous forme de cristaux, est composée de

Silice	56,1
Alumine	23,1
Potasse	21,15
Oxide de fer . . .	0,95
	101,3

Soumettons au calcul la composition de ce minéral, en supposant que chacune des trois bases se combine avec deux atomes de silice, formant autant de bisilicates.

(A) 2,25 : 4 :: 23,1 : 41,066 = silice unie à l'alumine.
(B) 6 : 4 :: 21,15 : 14,1 = silice unie à la potasse.
(C) 4,5 : 4 :: 0,95 : 0,844 = silice unie au fer.

Or, 41,066 + 14,1 + 0,844 = 56,01, quantité qui est plus petite de 0,09 que celle donnée par la silice trouvée réellement dans le minéral.

La silice unie à la potasse et au fer monte à $\frac{1}{3,748}$ de la totalité; $\frac{1}{3,748}$ de 0,09 est 0,024, qui, étant soustrait, laisse 0,066, qu'il faut ajouter à 41,066 pour avoir la silice réellement unie à l'alumine dans le minéral; ce qui donnera 41,132 parties,

41,132 : 23,1 :: 4 : 2,2464 = poids de l'atome d'alumine.

9. THOMSONITE.

Ce minéral, qui jusqu'à présent n'a été trouvé

que dans les montagnes de Kilpatrick, près Glasgow, et que l'on a regardé comme une mesotype, a été considéré par M. Brooke, à cause de sa forme primitive, comme une nouvelle espèce. J'en ai fait l'analyse avec soin, et je lui ai reconnu pour principes constituans (1) :

Silice	36,8
Alumine . . .	31,36
Chaux	15,4
Magnésie . . .	0,2
Peroxide de fer .	0,6
Eau	13,0
	97,36

Considérons ce minéral comme étant composé de trois particules intégrantes de silicate de chaux, unies à deux atomes et demi d'eau, et calculons sa composition d'après cette opinion :

(A) 2,25 : 2 :: 31,36 : 27,875 = silice unie à l'alumine.
(B) 3,5 : 2 :: 15,4 : 8,8 = silice unie à la chaux.

Or, 27,875 + 8,8 = 36,675, quantité qui est moindre de celle de la silice trouvée dans le minéral, de 0,175 partie.

La silice unie à la chaux est ¼ de la totalité : or, les ¾ de 0,175 = 0,132, qu'il faut ajouter à 27,875, afin d'avoir la silice réellement unie à l'alumine dans le minéral ; ce qui donne 28,007 et

28,007 : 31,36 :: 2 : 2,2395 = poids de l'atome d'alumine.

(1) *Annals of philosophy*, XVI.

10. NATROLITE.

Ce minéral, qui correspond à la *mesotype* de Brooke, a été analysé avec soin par Gehlen et Fuchs. Sa composition, d'après le terme moyen de plusieurs expériences, est

Silice	48
Alumine . . .	26,5
Soude	16,2
Eau	9,3
	100,0

J'ai soumis à l'analyse un échantillon pur et bien cristallisé de natrolite, qui m'avait été donné par M. Heuland, et je lui ai reconnu à peu près les mêmes constituans que ceux obtenus dans l'analyse précédente.

Calculons la composition de ce minéral, en le supposant composé de 3 parties intégrantes de silicate d'alumine, d'une partie intégrante de trisilicate de soude, avec 2 atomes d'eau.

(A) 2,25 : 2 : : 26,5 : 23,555 = silice unie à l'alumine.
(B) 4 : 6 :: 16,2 : 24,3 = silice unie à la soude.

Or, 23,555 + 24,3 = 47,855, quantité qui est moindre de 0,145 que celle de la silice contenue dans le minéral. La moitié de cette dernière étant unie à la chaux, il est évident que pour avoir la véritable quantité de silice unie à l'alumine dans la natrolite,

il faut ajouter 0,0725 aux 23,555 parties que nous avons obtenues par théorie, et nous aurons

23,6275 : 25,7 : : 2 : 2,1754 = poids de l'atome d'alumine.

11. FELDSPATH.

Le feldspath est essentiellement composé de silice combinée avec l'alumine de la potasse. Ce minéral a été fréquemment analysé, mais les différens résultats que l'on a obtenus sont loin de s'accorder entre eux; ce qui s'explique par cette circonstance que l'on trouve presque toujours le feldspath dans le granit, qui est une roche composée, et que sans doute les autres constituans se mêlent avec lui, en plus ou moins grandes proportions. D'après l'analyse de Rose, qui est une des plus récentes et des plus exactes de toutes celles qui ont été faites, ce minéral est composé de

Silice	66,75
Alumine . . .	17,50
Potasse	12,00
Chaux	1,25
Oxide de fer . .	0,75
	98,25

Supposons que toutes les bases sont combinées avec la silice, et sous forme de trisilicates, à l'exception de la potasse qui est un quadrosilicate, et calculons sa composition d'après cette supposition.

(A) 2,25 : 6 : : 17,5 : 46,666 = silice unie à l'alumine.
(B) 6 : 8 : : 12 : 16 = silice unie à la potasse.
(C) 3,5 : 6 : : 1,25 : 2,143 = silice unie à la chaux.
(D) 4,5 : 6 : : 0,75 : 1 = silice unie à l'oxide de fer.

Or, 46,666 + 16 + 2,143 + 1 = 65,809, quantité qui diffère en moins de la silice combinée dans le minéral, de 0,941.

La silice unie à la potasse, à la chaux, au fer, monte à $\frac{1}{3,43776}$ partie du tout, et $\frac{1}{3,43776}$ partie de 0,941 = 0,273, qui, étant retranchée de 0,941, laisse 0,668, qui doit être ajouté à 46,666 indiqué par théorie. Or,

47,334 : 17,5 : : 6 : 2,2183 = poids de l'atome d'alumine.

12. ALBITE.

On désigne sous le nom d'Albite un minéral que pendant long-temps on a confondu avec le feldspath. Eggertz (*Afhandlingar*, V, *pag.* 27) est le premier qui en ait fait un minéral distinct; Stromeyer de Chesterfield (Amérique septentrionale) en fit ensuite l'analyse, et lui donna le nom de *Kieselspath* (1). M. Brooke l'a appelé *Cleavelandite* (2). Rose a décrit avec détail les cristaux de ce minéral, lesquels diffèrent de beaucoup de ceux du feldspath, selon Stromeyer. Un échantillon non

(1) *Untersuchungen*, p. 300.
(2) *Introduct. to crystallography*, p. 459.

cristallisé, provenant de l'Amérique septentrionale, est composé de

Silice	70,676
Alumine	19,801
Soude	9,056
Chaux	0,235
Oxide de plomb et de manganèse . . .	0,111
	99,879

M. Rose a remarqué que la pesanteur spécifique de l'albite variait depuis 2,606 jusqu'à 2,619. Il a aussi reconnu que les parties constituantes des cristaux de ce minéral étaient :

Silice	68,46
Alumine . . .	19,30
Soude	9,12
Chaux	0,68
Oxide de fer . .	0,28
	97,84 (1)

Supposons que les bases soient combinées avec le silicium à l'état de trisilicate, et, d'après l'analyse de Rose, calculons la composition de ce minéral dans cette supposition.

(A) 2,25 : 6 : : 19,3 : 51,466 = silice unie à l'alumine.
(B) 4 : 6 : : 9,12 : 13,68 = silice unie à la chaux.
(C) 3,5 : 6 : : 0,68 : 1,165 = silice unie à la chaux.
(D) 4,5 : 6 : : 0,28 : 0,373 = silice unie au protoxide de fer.

(1) *Gilberts Annalen der physick*, LXXXIII, 130.

Or, 51,466 + 13,68 + 1,163 + 0,375 = 66,684, quantité qui est moindre de 1,776 parties que la silice contenue dans le minéral. Il est probable que, sans la perte qui s'élevait au-dessus de 2 par cent, et qui devait plutôt affecter les bases que la silice, nous n'aurions pas trouvé cet excès de silice dans notre calcul. Voyons maintenant quel sera le poids de l'atome d'alumine, en supposant l'analyse exacte.

La silice unie à la soude, à la chaux et à l'oxide de fer, est $\frac{1}{2,71}$ partie de la totalité : et $\frac{1}{2,71}$ partie de 1,776 = 0,655, qui, soustrait de 1,776, laisse 1,121 pour être ajouté à 51,466 donné par théorie. Or 52,587 : 19,3 : : 6 : 2,202 = poids de l'atome d'alumine.

Les douze minéraux que nous venons d'examiner nous fournissent des données suffisantes pour obtenir approximativement les poids atomistiques de l'alumine. Chaque résultat, considéré isolément, indique à la vérité des nombres qui diffèrent un peu les uns des autres : mais il faut attribuer cette différence aux erreurs inévitables qui résultent de l'impureté des substances que l'on soumet à l'analyse, et nous n'avons aucun moyen de la déterminer. S'il se trouve par exemple dans un minéral un peu de silice mêlée, ou bien un morceau d'une pierre quelconque qui contienne plus de silice que lui-même, le poids de l'atome sera nécessairement trop haut. Le contraire aura lieu, quand un minéral contiendra un excès d'alumine ou d'une pierre contenant plus d'alumine que l'échantillon soumis alors à l'analyse. Une connaissance exacte du roc qui a fourni l'échantillon, et celle des minéraux qui en font partie, devront donner

très-probablement quelques renseignemens sur la nature des corps qui s'y rencontrent accidentellement; mais c'est à quoi on n'a point fait encore suffisamment attention. Il est en même temps probable que les erreurs dans le poids de l'atome de l'alumine résultant de ces causes seront tantôt en plus, tantôt en moins, suivant les diverses analyses; par conséquent la moyenne du poids atomistique, déduite des douze analyses précédentes, ne doit pas s'écarter beaucoup de la vérité. Voyons donc quel sera le poids de l'atome déduit de cette moyenne.

		POIDS DE L'ATOME.
1.	Népheline	2,3126
2.	Karpholite	2,3013
3.	Harmotome	2,2985
4.	Méionite	2,3168
5.	Scapolite	2,0580
6.	Scolezite	2,2831
7.	Bucholzite	2,2527
8.	Leucite	2,2464
9.	Thomsonite	2,2395
10.	Natrolite	2,1754
11.	Feldspath	2,2183
12.	Albite	2,2020
		26,9046
	Poids moyen de l'atome d'alumine	2,24205

Le lecteur pourra remarquer que le poids atomistique le plus considérable de l'alumine est celui qui est déduit de l'analyse de la méionite. Il monte à 2,3168, ce qui est beaucoup au-dessous de 3,375,

quantité déterminée par M. Phillips; le poids le plus faible est 2,0580. Il nous est fourni par la scapolite.

Après tout, le poids d'atome de l'alumine, déduit des principes constituans de ces minéraux, bien que l'on aurait grand tort de le regarder comme exact, ne peut s'éloigner de beaucoup de la vérité, et il ne diffère de 2,25 que par une très-petite fraction.

II. L'*alun* régulièrement cristallisé est, sous le rapport de la pureté, le sel alumineux qu'il convient de soumettre à l'analyse. Nous connaissons plusieurs espèces de ce sel triple; il se compose, en effet, d'un certain nombre de particules intégrantes de sulfate d'alumine combiné avec le sulfate de potasse ou de sulfate de soude, ou de sulfate d'ammoniaque, ou de sulfate de magnésie, et peut-être de quelqu'autre sulfate soluble que je n'ai pas essayé. Ce sel cristallise en octaèdres réguliers; sa figure et sa saveur n'éprouvent aucune altération quand on lui substitue l'un ou l'autre des sulfates que nous venons de nommer. L'espèce d'alun dont je fis choix, comme étant surtout le plus facile à analyser et à se procurer, fut l'alun ordinaire de ce pays, lequel est composé d'acide sulfurique, d'alumine, de potasse et d'eau, ou de sulfate d'alumine et de sulfate de soude unis, avec une certaine quantité d'eau de cristallisation. Cette analyse ayant offert beaucoup de difficultés, bien qu'elle ait été faite avec toute l'attention possible, je pense qu'il est convenable d'entrer dans quelques détails à cet égard.

1° 60,875 parties de cristaux d'alun pur ayant été dissoutes dans de l'eau chaude, on mélangea le liquide avec une solution de 53 parties de chlorure

de barium. Il s'opéra sur-le-champ une double décomposition, et le sulfate de baryte fut précipité au fond du vase : quand le liquide surnageant fut devenu clair et transparent, on l'essaya par le sulfate de soude et le muriate de baryte, sans que pour cela il fût affecté ni par l'un ni par l'autre de ces réactifs : preuve qu'il ne contenait aucune quantité sensible de baryte ou d'acide sulfurique. Cette expérience montre que l'acide sulfurique dans 60,875 parties d'alun est juste saturé par la baryte de 53 parties de chlorure de barium. Mais 53 est égal à 13,25 + 4, et 13,25 parties de chlorure de barium exigent juste 5 d'acide sulfurique pour saturer toute la baryte qu'elles contiennent. Il est évident, d'après ces données, que 60,875 parties d'alun contiennent exactement 20 parties d'acide sulfurique.

2° On mit dans un creuset de platine, que l'on plaça pendant une heure sur un bain de sable chaud, 60,875 parties de cristaux d'alun. Cette quantité, ayant été réduite à l'état d'alun calciné, par la perte de son eau de cristallisation, fut introduite dans un fourneau à vent, et maintenue pendant une heure à une chaleur rouge ; la perte en poids fut de 43,62 parties.

L'alun ainsi traité fut dissous dans l'eau distillée, et mis ensuite sur le filtre. On lava l'alumine restée sur le filtre, jusqu'à ce que le liquide qui passait au travers cessât de précipiter le muriate de baryte. Ce liquide fut concentré en le plaçant sur un bain de sable, et précipité ensuite par le muriate de baryte. Le sulfate de baryte obtenu, après avoir été lavé, desséché et chauffé jusqu'au rouge, pesait 13,28, ce

qui équivaut à 4,504 parties d'acide sulfurique. Si nous ajoutons cette quantité à la première perte, nous aurons 48,124 pour l'eau et l'acide sulfurique dans 60,875 parties d'alun, et déduction faite des 20 parties d'acide sulfurique que nous savons être présentes, il restera 28,124 pour l'eau de cristallisation.

Mais une partie intégrante d'eau pèse 1,125 et $1,125 \times 25 = 28,125$. Il est évident d'après cela que 60,875 parties d'alun contiennent 28,125 parties d'eau, ce qui équivaut à 25 atomes.

3° 60,875 parties de cristaux d'alun furent exposés dans un creuset de platine, à la chaleur d'un bain de sable, puis pendant, une heure, à une chaleur légèrement rouge. De l'eau distillée fut successivement versée sur le résidu qui se trouvait dans le creuset, jusqu'à ce qu'il ne restât plus rien à dissoudre. Cette eau étant évaporée à siccité, laissa 11 de sulfate de potasse. Ainsi 60,875 d'alun contiennent 6 parties de potasse. Nous voyons également que ¼ d'acide sulfurique est uni à la potasse; les autres ¾ restant doivent être en combinaison avec l'alumine.

4° Afin de se procurer l'alumine, on fit dissoudre 60,875 parties d'alun, et à la solution on ajouta la quantité de carbonate de potasse juste nécessaire pour saturer 15 parties d'acide sulfurique. On répéta cette expérience avec les carbonates de soude et d'ammoniaque, et, dans six opérations faites dans ce but, l'on obtint pour terme moyen de la quantité d'alumine de 60,875 d'alun, 6,746. Cependant la véritable quantité est évidemment 6,75, parce que cette petite addition devient nécessaire pour compléter le poids de l'alun.

Il est donc évident, d'après ce que nous venons de dire, que l'alun est composé de

Acide sulfurique . .	20
Alumine	6,75
Potasse	6
Eau	28,125
	60,875

Une partie intégrante de l'acide sulfurique est unie à la potasse, et trois à l'alumine; il est facile de voir d'après cela que 6,75 devront représenter le poids de 3 atomes d'alumine; en conséquence le poids de l'alumine est $\frac{6,75}{3} = 2,25$.

On peut encore déterminer le poids de l'alun, d'une manière à peu près semblable; car cette substance est évidemment composée de

3 atomes sulfate d'alumine	= 21,75
1 atome sulfate de potasse	= 11
25 atomes d'eau	= 28,125
	60,875

Je fis cette analyse de l'alun dans le cours de l'été de 1821, et je la répétai tellement souvent, que je suis tout-à-fait convaincu de son exactitude. J'ajouterai néanmoins que dès l'instant où M. Phillips eut publié ses expériences sur le sulfate d'alumine, et qu'il eut indiqué le nombre 3,375, comme le véritable poids atomistique de cette terre, je résolus de faire de nouvelles recherches; ce dont je m'occupai pendant l'été de 1823. Le résultat que j'obtins

peut être considéré comme absolument identique, car les seules différences portèrent sur le second chiffre décimal; les rapports constituans de l'alun, déduits de cette seconde analyse, ne s'éloignèrent pas de $\frac{1}{1000}$ de ceux fournis par l'analyse précédente.

Si le poids de l'alumine avait été 3,375, au lieu de 2,25, nous n'aurions pas retiré de 60,875 parties d'alun, moins de 10,125 d'alumine, au lieu de 6,75 que j'ai obtenu; en telle sorte que je devrais avoir perdu plus de 30 pour cent de l'alumine; ce que je regarde comme impossible, d'après le soin que j'ai mis à faire l'expérience.

Mais l'analyse de l'alun faite avant par Berzélius confirme l'exactitude de la mienne sur le même sel, et lui donne encore plus de poids. Si nous corrigeons les résultats obtenus par ce chimiste, nous voyons, d'après les données les plus exactes rappelées dans cet ouvrage, que l'analyse de l'alun est

Acide sulfurique . .	33,85	ou	20,6060
Alumine	10,86	–	6,5958
Potasse	9,90	–	6,0266
Eau	45,00	–	27,3940
	99,61		60,6224
Perte			0,2526
			60,8750

Suivant cette analyse, 3 atomes d'alumine pèsent 6,5958; conséquemment le poids de l'atome d'a-

(1) *Ann. de Chim.*, LXXX, 180.

lumine est 2,1986, quantité un peu moindre que celle que m'a fournie mon analyse de l'alun.

Dans un des chapitres suivans de cet ouvrage, lorsque je traiterai des sels d'alumine, on verra que les résultats de leur analyse s'accordent très-bien avec le nombre que je viens de donner comme poids atomistique de l'alumine.

Les motifs de M. Phillips, pour regarder 3,375 comme poids de l'atome de l'alumine, paraissent fondés, autant que je puis en juger, sur l'expérience suivante. Ce chimiste remarqua en effet que quand de l'acide sulfurique, modérément étendu d'eau, avait séjourné long-temps sur un excès d'alumine récemment précipité, le liquide, quand on le filtrait, tendait à précipiter, sous forme de flocons blancs, un sulfate particulier d'alumine; que même, ce liquide versé goutte à goutte dans l'eau, la rendait laiteuse, et qu'il se déposait un sédiment blanc. M. Phillips, qui analysa ce sulfate, le trouva composé de

Acide sulfurique . .	40
Alumine	40,83 (1)

ce qui ne s'accorde pas, selon lui, avec 2,25, comme poids atomistique de l'alumine. Mais si 3,375 est le poids de l'atome de cette terre, il conçoit que son sel était composé de

2 atomes acide sulfurique	10	ou	40
3 atomes alumine . . .	10,125	ou	40,5
	20,125		

(1) *Annals of philosophy* (2e série), IV, 280.

Mais ce n'est pas le seul point de vue sous lequel on peut considérer le sujet.

J'observerai d'abord que l'alumine est une base beaucoup plus faible qu'aucune des autres terres ou substances alcalines dont nous avons parlé dans le chapitre précédent. Or, une circonstance bien remarquable, et que Berzélius a particulièrement éclaircie, c'est que les bases faibles ont la propriété de se combiner, dans un beaucoup plus grand nombre de proportions, avec les acides, que les fortes bases. Je me suis assuré par expérience, que l'alumine et l'acide sulfurique peuvent s'unir en trois proportions, et de la manière suivante :

1 atome acide + 1 atome alumine.
1 atome acide + 2 atomes alumine.
1 atome acide + 3 atomes alumine.

Le premier de ces sels constitue le sulfate ordinaire d'alumine, et c'est un principe constituant essentiel de l'alun. Le troisième est le minéral trouvé dans le Sussex et dans quelques autres endroits, et que l'on connaît sous le nom d'*aluminite*. Stromeyer a fait voir en effet que c'était un composé d'un atome acide sulfurique, de 3 atomes alumine, et 9 atomes d'eau. Si l'on verse de la potasse dans une solution bouillante d'alun, il se dépose un précipité terreux, tout-à-fait semblable, quant à sa nature, à la substance que les chimistes nommaient autrefois *alun saturé de sa terre*. Ce précipité se compose d'une particule intégrante de sulfate de potasse, et de 3 particules intégrantes de trisulfate d'a-

lumine, ainsi que M. Riffault l'a prouvé le premier (1). Je pense que le second de ces sels peut être obtenu en suivant un procédé analogue à celui de M. Phillips, mais sans être aussi minutieux. Ce sel, que je nomme disulfate d'alumine, est soluble dans l'eau, et de plus a une saveur astringente, d'une faible acidité.

Le sel obtenu par ce chimiste était un mélange ou un composé de disulfate et de trisulfate d'alumine, dans la proportion de 3 atomes du premier de ces sels, à 1 atome du dernier.

Ce fut le trisulfate qui précipita lorsque l'on versa la solution dans l'eau, et sa tendance à se précipiter explique les phénomènes que M. Phillips regarde comme si inexplicables. J'ai à peine besoin de faire remarquer que

	ACIDE SULFURIQUE.		ALUMINE.
3 atomes de bisulfate contiennent	15	+	13,5
1 atome de trisulfate	5	+	6,75
Total . . .	20	+	20,25

Or, ce résultat équivaut à

Acide sulfurique . .	40
Alumine	40,5

proportions vraiment théoriques, que M. Phillips déduit d'un poids inexact de l'atome d'alumine.

III. Quand, au moyen d'une solution alcaline, on a

(1) *Ann. de Chim. et de Phys.* XIV, 262.

précipité l'alumine, on la recueille sur un filtre, on la lave bien, puis on la fait sécher spontanément sur le même filtre, dans une chambre chaude et sèche; on obtient alors un hydrate composé d'alumine et d'eau à poids égal. J'ai répété souvent cette expérience à Edimbourg et à Londres, où j'avais l'habitude de travailler dans une chambre très-élevée au-dessus du sol. Mais à Glascow, où mon laboratoire se trouve de plain-pied, sur un terrain glaiseux, et par conséquent un peu humide, j'ai remarqué, lorsque je m'occupais de ce genre de recherches, que je parvins plus difficilement à obtenir des résultats exacts, au moins pendant l'été de 1823, qui fut extraordinairement froid et pluvieux. Je vais rapporter une expérience à laquelle j'ai apporté un grand soin, et qui démontrera jusqu'à quel point je me suis approché de la vérité.

1. On remarqua qu'une quantité d'alumine laissée pendant deux mois sur un filtre, dans une température qui n'excédait pas 15°,56 c., pesait 36,66. Cette substance ayant été fortement chauffée dans un creuset de platine, le poids en fut réduit à 17,85 : la perte en poids fut donc 18,81, nombre qui indique la quantité d'eau contenue dans l'hydrate. Or, 17,85 : 18,81 : : 2,25 : 2,42624, qui excède 2 atomes d'eau, de 0,17624; excès dont, selon moi, il est difficile de se débarrasser quand on opère dans un endroit humide. En considérant l'eau dans cet hydrate comme s'élevant à juste 2 atomes, et en calculant, dans cette hypothèse, le poids de l'atome de l'alumine, nous avons 18,81 : 17,85 :: 2,25 : 2,1352 = poids de l'atome d'alumine. Cependant l'analyse de l'alun, donnée précédemment

dans cette section, démontre qu'il y a réellement excès d'eau. J'ai souvent, en outre, obtenu un hydrate d'alumine, composé d'alumine et d'eau juste à parties égales ; preuve que le poids de l'atome de cette substance est exactement 2,25, et que cet hydrate contient 2 atomes d'eau.

2. Lorsque l'on fait sécher à une température d'à peu près 38° c. le bihydrate d'alumine, il est réduit à l'état d'hydrate, ou à peu de chose près ; car je ne suis pas toujours parvenu à obtenir exactement les proportions atomistiques, bien que ce qu'il en manquait fût peu de chose. Je vais rapporter une ou deux de mes opérations, en me servant de quantités numériques, pour que le lecteur puisse juger du degré d'approximation.

1° 18,92 parties d'alumine ayant été desséchées sur un filtre à une température de 88° c., puis ensuite exposées à une forte chaleur rouge, furent réduites à 13,49 parties ; par conséquent la quantité d'eau qui s'en échappa se monta à 5,43 parties. Or,

13,49 : 5,43 : : 2,25 : 0,9055 = rapport de l'eau.

2° Vingt parties d'alumine, que l'on avait laissées sur un filtre l'espace de trois mois, à une température ordinairement de 29°,44 c. pendant le jour, quoique pendant la nuit elle fût moins élevée, parce qu'on laissait le feu s'éteindre, ayant été exposées à une forte chaleur rouge, furent réduites à 13,45 parties ; la perte en poids fut par conséquent de 6,55. Or

13,45 : 6,55 : : 2,25 : 1,099 = rapport de l'eau.

Cette expérience semble prouver qu'après un long

espace de temps, l'alumine peut être amenée à l'état d'hydrate, lequel se compose de 1 atome d'alumine et de 1 atome d'eau. En effet 1,099 n'est qu'une quantité un peu moindre que 1,125, poids de 1 atome d'eau.

Tels sont les résultats que je suis parvenu à obtenir, relativement au poids de l'atome de l'alumine : tous semblent concourir à prouver que 2,25 est à fort peu de chose près cette quantité; et qu'en aucune manière, ce poids ne peut s'élever aussi haut que 3,375. Tout nous porte à croire en effet, d'après les principes constituans de l'alumine, que le poids atomistique de cette terre est 2,25.

Il est probable que l'alumine est un protoxide d'aluminium; s'il en est ainsi, le poids de l'atome d'aluminium sera 1,25.

SECTION II.

Poids de l'atome de glucine.

Quoique les chimistes connaissent la glucine depuis plus de trente ans, nous avons néanmoins très-peu d'expériences d'après lesquelles nous puissions conclure le poids de l'atome de cette substance. Berzélius, autant que je puis me le rappeler, est le seul qui ait soumis à l'analyse plusieurs sels de glucine, dans le but de déterminer sa capacité de saturation : d'où l'on pût facilement déduire le poids atomistique. Avant que de rapporter les expériences que j'ai faites pour déterminer le poids de l'atome de cette substance, il importe d'indiquer celles

de Berzélius, qui m'ont servi en effet à faire les miennes.

1. Berzélius, après avoir mis dissoudre une quantité de glucine dans un excès d'acide sulfurique, fit évaporer la solution jusqu'à ce que l'acide commençât à s'échapper, puis la lava dans de l'alcool pour la débarrasser de l'acide sulfurique. Le sulfate de glucine ainsi obtenu fut dissous dans l'eau. On mêla la solution avec le carbonate de potasse afin de précipiter la glucine, et l'on chauffa jusqu'à ce que l'ammoniaque cessât de se dégager. La glucine obtenue de cette manière, ayant été bien lavée et chauffée jusqu'au rouge, pesait 0,553; le liquide, étant ainsi débarrassé de la glucine, fut précipité par le muriate de baryte; et le sulfate de baryte, après avoir été lavé et chauffé jusqu'au rouge, pesait 5: ce qui équivaut à 1,6949 d'acide sulfurique (1).

Il paraît donc que le sulfate de glucine formé par le procédé ci-dessus indiqué, est composé de

Glucine	0,553	ou	3,2627
Acide sulfurique. . .	1,6949	ou	10

Considérant ce sel comme un bisulfate, Berzélius en fit dissoudre une portion dans l'eau, qu'il fit digérer sur une certaine quantité de carbonate de glucine exempte d'ammoniaque. A l'aide de cette digestion, ce chimiste obtint un liquide comme gommeux, qui, étant mêlé avec de l'eau, précipita une matière blanche (sans doute la glucine) : ce liquide, ayant été filtré, fut décomposé par le carbonate d'ammo-

(1) Berzélius, page 134.

niaque et le muriate de baryte, précisément de la même manière que le premier sel. La glucine que l'on obtint pesait 1,001, et le sulfate de baryte 4,549, équivalant à 1,5573 acide sulfurique. Ainsi il paraît que le nouveau sulfate de glucine, qui ressemblait à de la gomme, contenait

Glucine	1,001	ou	3,2139
Acide sulfurique .	1,5573	ou	5

Une partie du liquide gommeux obtenu d'après le procédé que nous venons d'indiquer, fut chauffée sur une lampe à esprit-de-vin jusqu'à ce qu'il fût desséché : alors il ressemblait à de l'*alun calciné*. Lorsque l'eau eut été entièrement chassée par la chaleur d'une lampe à esprit-de-vin, Berzélius en exposa 2,5 parties à une chaleur rouge; la glucine qui resta pesait 1,24 partie. Considérant ce sel comme parfaitement sec, ce chimiste en tira la conclusion, qu'il était composé de

Glucine	1,24	ou	4,92
Acide sulfurique. . .	1,26	ou	5
	2,50		

Il est évident que le second de ces trois sels est neutre, puisqu'il est formé de 1 atome acide et de 1 atome glucine. Le premier est un bisulfate, ou un composé de 2 atomes acide et de 1 atome glucine, tandis que le troisième est un sulfate composé de 1 atome acide et de 1 atome ½ de glucine.

Ces trois analyses néanmoins ne sont pas absolu-

ment exactes; car le poids atomistique de la glucine n'est point le même dans chacune d'elles. Nous trouvons en effet

3,2627	pour la première,
3,2139	pour la deuxième,
3,2800	pour la troisième,
9,7566	
3,2522	= Moyenne,

dernier nombre qui doit approcher de beaucoup de la vérité, et aussi près qu'il est possible de le faire par une analyse directe et à l'aide des moyens analytiques qui sont aujourd'hui à notre disposition; d'où je crois pouvoir conclure que le véritable poids de la glucine est 3,25. Je laisse les deux dernières décimales, parce qu'elles détruiraient cette loi indiquée par le Dr Prout, et que nous savons exister pour tous les autres poids atomistiques des corps : savoir, que ces poids sont tous des multiples de 0,125, poids de l'atome de l'hydrogène.

2. Berzélius a également analysé le muriate de glucine; et quoique nous ne puissions espérer trouver dans l'analyse des muriates la même exactitude que dans celle des sulfates, il importe cependant de faire connaître les résultats obtenus par ce chimiste, comme étant une excellente approximation. Le bimuriate de glucine est un sel cristallisable; et lorsque l'acide en excès est expulsé, il ne reste plus qu'une espèce de masse gommeuse. Cette matière ayant été dissoute dans l'eau, on filtra la solution et

l'on précipita la glucine par le bicarbonate d'ammoniaque, et l'acide muriatique par le nitrate d'argent. La glucine pesait 0,626, et le chlorure d'argent 3,392 ; ce qui équivaut à 0,85962 d'acide muriatique. La composition de la glucine est donc

Glucine	0,266	ou	3,3681
Acide muriatique .	0,85962	ou	4,625 (1)

D'après cette analyse, nous aurions pour poids atomistique de la glucine 3,3681, quantité qui serait un peu plus forte que celle obtenue en traitant le sulfate. Mais toutes les probabilités sont en faveur du nombre 3,25 que nous avons adopté, d'après l'analyse du dernier sel (le sulfate de glucine).

3. C'est de l'*émeraude* ou *béril* que l'on a primitivement retiré la glucine ; et même à présent, nous connaissons à peine un autre minéral d'où l'on puisse extraire cette substance. L'émeraude cristallise ordinairement en prismes à six pans, et présente tous les caractères d'un composé chimique. Elle est formée de silice, d'alumine et de glucine, avec quelques traces d'oxide métallique qui semble lui donner sa couleur. Il convient de voir quel poids-atomistique on peut déduire de la glucine, d'après les parties constituantes de la substance dont nous parlons.

MM. Vauquelin et Klaproth ont publié de bonnes analyses de l'émeraude et du béril ; cependant, pour nous servir de nos calculs, il vaut mieux employer

(1) Berzélius, Essai, etc. p. 134.

celle de Berzélius : elle est beaucoup plus récente, et très-probablement plus exacte, d'après les progrès que dans ces derniers temps on a faits dans l'art d'analyser les minéraux. Suivant ce chimiste (*Afhandlingar*, IV, page 192), ce minéral est composé de

Silice	68,35
Alumine	17,60
Glucine	13,13
Oxide de fer . . .	0,72
Oxide de tantale. . .	0,27
	100,07

Considérons l'émeraude comme étant composé de 2 atomes trisilicate d'alumine et de 1 atome trisilicate de glucine, et voyons quelle sera sa quantité de silice ; en supposant les poids atomistiques de l'alumine et de la glucine respectivement 2,25 et 3,25.

(A) 2,25 (atome d'alumine) : 6 (trois atomes de silice) : : 17,6 (alumine dans le minéral) : 46,933 = silice unie à l'alumine.

(B) 3,25 (atome de glucine) : 6 : : 13,13 : 22,422 = silice unie à la glucine.

Or, 46,933 + 22,422 = 69,355, qui excède de 1,005 parties la silice contenue dans le minéral. La silice unie à l'alumine est à peu près les deux tiers de la totalité : par conséquent les deux tiers de cet excédant appartiennent à cette portion de silice. Il reste 0,335 partie, qu'il faut déduire de 22,422. Le nom-

bre restant 22,087 est la silice réellement unie à la glucine dans le minéral. Or 22,087 : 13,13 : : 6 : 3,5668 = atome de glucine.

2. EUCLASE.

L'*euclase* est encore un minéral qui contient de la glucine, et dont les parties constituantes, d'après l'analyse de Berzélius, sont :

Silice	43,32
Alumine . . .	30,56
Glucine . . .	21,78
Oxide de fer. .	2,22
— d'étain. .	0,70
	98,58

Calculons la composition de ce minéral en le supposant formé de 2 atomes silicate d'alumine, de 1 atome silicate de glucine, et d'une petite quantité de bisilicate de fer, qui probablement s'y trouve accidentellement.

(A) 2,25 : 2 : : 30,56 : 27,264 = silice unie à l'alumine.
(B) 3,25 : 2 : : 21,78 : 18,403 = silice unie à la glucine.
(C) 4,5 : 4 : : 2,22 : 1,973 = silice unie au fer.

Maintenant, 27,164 + 13,403 + 1,973 = 42,540, qui est au-dessous de 0,98 de la silice contenue dans le minéral. Les deux tiers de cette substance sont unis à l'alumine : conséquemment on doit seulement ajouter à 13,403, un tiers de 0,98 ou 0,33, ce qui donnera 13,733 parties pour la silice unie à la glucine;

et, 13,733 : 21,78 : : 2 : 3,1719 = poids de l'atome de la glucine.

Ces deux minéraux nous donnent donc deux poids atomistiques de la glucine; mais le premier est trop haut, et le second trop bas. Il est probable qu'en prenant la moyenne de ces deux résultats, nous aurons le poids de l'atome assez près de la vérité.

Poids de l'atome du béril	3,5668
— de l'euclase	3,1719
	6,7387
Moyenne . .	3,36935

Ce dernier résultat, quoique trop élevé, approche beaucoup plus de la vérité que celui fourni par l'analyse du béril seulement.

4. Je vais maintenant rapporter les expériences à l'aide desquelles j'ai pu me convaincre que 3,25 est juste le poids de l'atome de glucine.

1° Je préparai une certaine quantité de bisulfate de glucine, absolument de la même manière que l'avait précédemment fait Berzélius : 18,875 parties de ce sel furent mises dans un creuset de platine, et on les exposa pendant quelque temps à une forte chaleur rouge. Il resta 3,25 parties de glucine pure.

2° Je fis dissoudre séparément dans de l'eau distillée 18,875 parties du même sel, et 26,5 de chlorure de barium. Ces deux liquides ayant été mêlés, il s'opéra une double décomposition. Le sulfate de baryte gagna le fond, tandis que le muriate de glu-

cine resta en solution. Aussitôt que le liquide fut devenu transparent, on l'essaya par le sulfate de soude et le muriate de baryte : mais il ne fut affecté par aucun de ces deux réactifs, preuve qu'il ne contenait pas la moindre quantité de baryte ou d'acide sulfurique. Cette expérience nous montre que la quantité d'acide sulfurique, dans 18,875 parties de bisulfate de glucine, sature juste la baryte de 26,5 parties de chlorure de barium, et par conséquent se monte exactement à 10.

3° Il paraît donc que 18,875 parties de bisulfate de glucine contiennent 3,25 parties de glucine et 10 parties d'acide sulfurique; le reste doit être de l'eau : conséquemment ce sel est composé de

Acide sulfurique . .	10
Glucine	3,25
Eau	5,625
	18,875

Or 10 est l'équivalent de 2 atomes acide sulfurique, et 5,625 représentent 5 atomes d'eau; si nous comparons cette analyse avec celle de Berzélius, il ne peut y avoir aucun doute que 3,25 ne soit le poids de 1 atome de glucine.

Les données nous manquent pour pouvoir déterminer le poids de l'atome du glucinium; mais l'analogie nous conduit à cette supposition, que la glucine se compose de 1 atome glucinium plus 1 atome oxigène; et dans cette hypothèse, nous aurons 2,25 pour poids de l'atome de glucinium.

SECTION III.

Poids de l'atome d'yttria.

Quoique nous connaissions l'yttria depuis environ vingt ans, ce n'est qu'en Suède que l'on rencontre les minéraux d'où l'on retire cette substance; et même ils sont si rares dans ce pays, qu'on ne peut se les procurer qu'en morceaux : encore sont-ils trop petits pour que l'on puisse en extraire l'yttria en quantité suffisante pour faire des expériences sur la composition des sels que forme cette substance. Arrêté par cette difficulté, je me suis vu obligé de n'opérer que sur quelques grains de cette terre : aussi n'ai-je pu tirer aucune conclusion satisfaisante de mes expériences, bien que j'aie mis le plus grand soin pour m'assurer de leur exactitude. Je suis donc forcé de déduire le poids atomistique de l'yttria, des expériences de Berzélius; mais ce savant chimiste apporte heureusement tant de précision dans ses opérations, qu'elles pourront assurément me fournir des résultats suffisamment approchés.

1. Berzélius mit 100 parties de carbonate sec d'yttria dans une petite cornue, au bec de laquelle était adapté un tube de verre rempli de muriate de chaux également sec. On chauffa l'appareil jusqu'à ce que la cornue commençât à fondre; on évapora ainsi toute l'eau qui s'unit au muriate de chaux, dont le poids fut ainsi augmenté de 12,82 parties. L'yttria, ainsi privée d'eau, fut chauffée jusqu'au rouge dans

un creuset de platine, afin de chasser tout l'acide carbonique : son poids, par ce moyen, fut réduit à 57,7 parties.

Il paraît, d'après cette analyse, que le carbonate d'yttria est composé de

Acide carbonique .	29,48	ou	2,75
Yttria	57,70	–	5,3825
Eau	12,82	–	1,1959
	100,00 (1)		

et que 5,3825 est le poids de l'atome d'yttria. Mais la quantité d'eau contenue dans ce sel, qui doit être évidemment représentée par 1 atome, est un peu trop forte. Il est probable que l'eau absorbée par le muriate de chaux retient un peu d'acide carbonique. Si nous divisons les 42,3 parties que forment l'acide carbonique et l'eau, dans le rapport de 2,75 : 1,125, qui doit avoir été la véritable proportion de ces corps (en supposant le sel un composé chimique), nous aurons pour constituans de ce carbonate :

Acide carbonique	30,019	ou	2,75
Yttria	57,700	–	5,285
Eau	12,281	–	1,125
	100,000		

Ce résultat porte le poids de l'atome d'yttria à 5,285, nombre qui doit être très-près de la vérité.

2. Berzélius fit dissoudre 2,8 parties d'yttria pure

(1) *Annals of philosophy*, III, 359.

dans de l'acide sulfurique : il évapora la solution jusqu'à siccité, et fit chauffer le sulfate restant jusqu'à ce qu'il ne s'en échappât plus de vapeurs acides : son poids était alors 5,392. Berzélius conclut de là que la composition du sulfate anhydre d'yttria était

Acide sulfurique .	2,592	ou	5
Yttria	2,8	ou	5,4012
	5,392 (1)		

D'après cette expérience, le poids de l'atome d'yttria est 5,4012 ; mais rien ne prouve, d'une manière satisfaisante, que le sel était neutre : sinon qu'il était encore soluble dans l'eau. Je suis néanmoins très-porté à croire qu'une très-petite portion de l'acide s'était échappée ; car en supposant que les parties constituantes de ce sel aient été

Acide sulfurique . .	2,685
Yttria	2,8
	5,485

ou, en d'autres termes, que la quantité d'acide ait été plus considérable de 0,093, alors on aurait obtenu 5,25 pour le poids atomistique de l'yttria.

3. Klaproth a trouvé que l'yttria, précipitée de l'acide muriatique et séchée en plein air, après avoir été bien lavée, était un hydrate composé ainsi qu'il suit :

(1) *Annals of philosophy*, III, 359.

Yttria	69
Eau	31
	100

en effet, 100 parties de cette substance ayant été chauffées jusqu'au rouge en perdirent 31 de leur poids: or, 31 : 69 : : 2,25 : 5,008 = poids de l'atome d'yttria, dans la supposition ou l'hydrate contiendrait juste 2 atomes d'eau.

Ainsi, nous avons eu trois poids atomistiques de l'yttria :

Le premier nous a été fourni par le carbonate.	5,285
Le deuxième par le sulfate.	5,4012
Le troisième par l'hydrate.	5,008
	15,6942
Terme moyen	5,2314

Cette moyenne doit être bien peu éloignée de la vérité : aussi pouvons-nous adopter 5,25 comme le vrai poids atomistique de l'yttria; ce qui sera conforme à la loi établie par le Dr Prout.

4. Berzélius a fait avec beaucoup de soin l'analyse de la gadolinite, qui est le minéral dans lequel on a d'abord découvert l'yttria; et il lui a reconnu pour constituans :

Silice	25,80
Yttria	45,00
Protoxide de cérium . .	16,69
Protoxide de fer	10,26
Matière volatile. . . .	0,60
	98,35 (1)

(1) *Afhandlingar*, IV, 225.

Calculons la composition de ce minéral dans l'hypothèse que l'yttria et les oxides de cérium et de fer seraient respectivement à l'état des silicates, et qu'ils auraient pour poids atomistiques :

Silice	2
Yttria	5,25
Protoxide de cérium . .	7,25
Protoxide de fer . . .	4,5

(A) 5,25 (atome d'yttria) : 2 (atome de silice) :: 45 (yttria dans le minéral) : 17,14 = silice unie à l'yttria.

(B) 7,25 (atome de protoxide de cérium) : 2 :: 16,69 : 4,302 = silice unie à l'oxide de cérium.

(C) 4,5 (atome d'oxide de fer) : 2 :: 10,26 : 4,56 = silice unie à l'oxide de fer.

Or 17,14 + 4,302 + 4,56 = 26,002, ce qui excède de 0,2002 partie la quantité de silice trouvée dans le minéral.

La silice unie aux oxides de cérium et de fer étant un tiers de la totalité, il est évident qu'un tiers de ce surplus, ou en d'autres termes 0,0667, appartient à cette portion : il faut donc soustraire 0,1335 partie de 17,14, pour avoir la quantité de silice contenue dans le minéral et réellement unie à l'yttria, ce qui donne 17,0065 et

17,0065 : 45 :: 2 : 5,2921 = poids de l'atome d'yttria.

5. L'yttrocérite est un autre minéral découvert à Finbo en Suède par Berzélius, qui en a fait la plus scrupuleuse analyse.

Ses parties constituantes sont, d'après ce chimiste :

Chaux	50
Yttria	8,1
Protoxide de cérium. . . .	16,45
Acide fluorique	25,45
	100,00 (1)

Supposons la chaux et l'yttria contenues dans ce minéral, à l'état de fluates neutres, et le protoxide de cérium à l'état de bifluate; puis calculons sa composition dans l'hypothèse où le poids de l'atome de l'acide fluorique est 1,25, ce que nous prouverons dans un des prochains chapitres, nous aurons

(A) 3,5 (atome de chaux) : 1,25 (atome d'acide fluorique) : : 50 (chaux dans le minéral) : 17,857 = acide fluorique uni à la chaux.

(B) 5,25 (atome d'yttria) : 1,25 : : 8,1 : 1,928 = acide fluorique uni à l'yttria

(C) 7,25 (atome d'oxide de cérium) : 2,5 (deux atomes d'acide fluorique) : : 16,45 : 5,672 = acide fluorique uni à l'oxide de cérium.

Or 17,857 + 1,928 + 5,672 = 25,457, ce qui excède de 0,007 partie la quantité d'acide fluorique trouvée dans le minéral. Mais $\frac{92}{100}$ d'acide fluorique sont unis à la chaux et au cérium : en telle sorte qu'il ne faut que soustraire les $\frac{8}{100}$ de 0,007 ou 0,00056, de 1,928, pour avoir, d'après l'analyse, la quantité d'acide sulfurique actuellement uni à l'yttria : ce qui donne 1,9224; et

1,9224 : 8,1 : : 1,25 : 5,2668 = atome d'yttria.

(1) *Afhandlingar*, IV, 151.

6. Nous possédons encore un autre minéral (l'yttrotantalite) qui paraît essentiellement composé d'oxide de tantale et d'yttria réunis. Mais ses autres principes constituans diffèrent tant entre eux, qu'il serait difficile d'accorder une grande confiance aux analyses qui en ont été faites jusqu'à ce jour, vu l'extrême impureté des échantillons. Ce minéral présente trois variétés qui diffèrent beaucoup entre elles, quant aux proportions de leurs composés. La première, qui est noire, a été analysée par Berzélius; elle est composée, suivant ce chimiste, de

Oxide de tantale . .	57
Acide tungstique . .	8,25
Yttria	20,25
Chaux	6,25
Oxide de fer. . . .	3,50
Oxide d'urane . . .	0,50
	95,75 (1)

La seconde variété, dont la couleur est jaune, a pour parties constituantes :

Oxide de tantale . .	60,124
Acide tungstique . .	1,044
Yttria	29,780
Chaux	0,500
Oxide de fer. . . .	1,155
Oxide d'urane . . .	6,622
	99,225

(1) *Afhandlingar*, IV, 287.

La troisième, qui est d'un brun foncé, est composée de

Oxide de tantale . .	51,815
Acide tungstique . .	2,592
Yttria	38,515
Chaux	3,260
Oxide de fer . . .	0,555
Oxide d'urane . . .	1,111
	97,848

En jetant un coup d'œil sur ces trois analyses, on verra de suite qu'il existe entre les proportions de l'oxide de tantale et de l'yttria une différence trop considérable pour qu'il soit possible de chercher à en déduire le poids atomistique de l'une ou l'autre de ces substances; lors même que l'on n'aurait point égard aux différences plus considérables encore qui se trouvent dans la proportion de l'acide tungstique, de la chaux et de l'oxide d'urane. Néanmoins, si l'on compare le poids de l'atome d'yttria déduit des analyses de la gadolinite et de l'yttrocérite, avec ceux qui ont été déduits des carbonates, sulfates et hydrates de cette terre, il est presque certain que le vrai poids de l'atome d'yttria est 5,25.

L'analogie porte à croire que l'yttria est un composé de 1 atome yttrium et de 1 atome oxigène : d'après cette supposition, le poids de l'atome d'yttrium sera 4,25.

SECTION IV.

Poids de l'atome de zircone.

Nous manquons de données suffisamment exactes pour pouvoir calculer le poids atomistique de la zircone; les meilleures que nous ayons aujourd'hui sont celles que nous ont fournies la composition du zircon et celle de l'hyacinthe, plusieurs fois analysés par MM. Klaproth et Vauquelin. Les principes constituans de ce minéral, tels qu'ils ont été déduits des analyses de ces chimistes, sont :

Zircone	69,0	65	64,5	70	64,5	66
Silice	26,5	33	32,5	25	32	31
Oxide de fer	0,5	1	1,5	0,5	2	2
	96,0 (1)	99 (2)	98,5 (3)	95,5 (4)	98,5 (5)	99 (6)

Il est probable, d'après la différence que l'on remarque dans ces résultats, qu'aucune de ces analyses n'est parfaitement exacte. Klaproth et Vauquelin ne sont jamais parvenus, en effet, à isoler complétement de la zircone le fer qui lui est uni. Mais si de ces analyses nous déduisons le poids de l'atome de zircone, dans la supposition que les minéraux sont de simples silicates de zircone, mêlés à un peu de si-

(1) *Klaproth*, *Beitrage*, I, 222.

(2) *Ibid.*, III, 271, de Norwège.

(3) *Ibid.*, V, 130, de Circars.

(4) *Ibid.*, I, 131 de Ceylan.

(5) Vauquelin, *Journal de Minéralogie*, n° XXVI, 106.

(6) Vauquelin, *ibid.*

licate de fer; alors le poids atomistique de cette substance sera ainsi qu'il suit :

1re analyse . . .	5,247
2e analyse. . . .	3,987
3e analyse. . . .	4,043
4e analyse. . . .	5,645
5e analyse. . . .	4,134
6e analyse. . . .	4,370
	27,426
Moyenne . .	4,537

J'ai examiné avec soin plusieurs cristaux qui me furent donnés en présent, il y a quelques années, par M. Heuland, et les résultats que j'ai obtenus peuvent servir, jusqu'à un certain point, à expliquer ces anomalies : car, indépendamment des cristaux de zircon, je trouvai aussi parmi eux des cristaux de spinelle, de rubis, de quartz, quelques autres fragmens d'un vert d'émeraude, et quelques grains noirs, qui étaient apparemment de minerai de fer octaèdre. On doit sans doute rapporter à la présence de quelques-uns de ces cristaux étrangers l'alumine que je rencontrai dans une première analyse de l'hyacinthe. Les cristaux purs et réguliers de l'hyacinthe semblent composés de

Zircone	75
Silice	25
Oxide de fer . . .	0,5
	100,5

Si nous faisions abstraction du fer, et que nous considérions le minéral comme un simple silicate, le poids de l'atome de zircone serait 6, nombre

qui, d'après les expériences que nous allons rapporter, est, je pense, son véritable poids.

Un autre minéral contenant de la zircone fut découvert par sir Charles Giesecke à Kangerdluarsuk dans le Groënland, et le professeur Stromeyer (à qui nous devons la connaissance de sa composition) lui a donné le nom d'*eudialite*. Ce minéral fut trouvé par Giesecke sur la côte occidentale du Groënland, dans le même gisement qui contient la sodalite, et intimement mêlé avec ce minéral et du hornblende. Il est tantôt amorphe, et tantôt cristallisé en octaèdres rhomboïdaux, avec les arêtes tronquées; sa couleur est rose foncé, ou plutôt rouge hyacinthe; il est assez dur pour rayer le verre, mais il est facilement rayé par le pyrope; il se réduit aisément en une poudre de couleur rouge. La pesanteur spécifique de l'eudialite est, selon Stromeyer, 2,90355: par conséquent ce minéral est beaucoup plus léger que le pyrope, avec lequel il a un certain degré de ressemblance. L'échantillon que je possède, et que je dois à la générosité de sir Charles Giesecke, se divise aisément en fragmens rhomboïdaux; sa cassure est plate, conchoïde, et avec quelques échardes. Soumis à l'action du chalumeau, il se fond facilement en un bouton de couleur verte; il se dissout avec grande facilité dans les acides nitrique ou muriatique, et se prend en gelée comme la mesotype ou l'apophyllise: circonstances que l'on remarque même quand l'eudialite a été préalablement chauffée jusqu'au rouge. D'après Stromeyer, qui en a fait avec beaucoup de soin plusieurs analyses, ce minéral est composé de

Silice	53,325
Zircone	11,102
Chaux	9,785
Soude	13,822
Protoxide de fer	6,754
Protoxide de manganèse .	2,062
Acide muriatique . . .	1,034
Eau	1,801
	99,685

Le grand nombre de parties qui entrent dans la composition de l'eudialite la rendent très-peu convenable pour déterminer le poids de l'atome de zircone. Supposons que dans ce minéral l'acide muriatique soit combiné avec la soude, il en résultera 1,676 parties de sel commun, et il restera 13,13 de soude. Calculons maintenant la composition de ce minéral, dans l'hypothèse que toutes les bases sont combinées avec la silice à l'état de trisilicates, excepté la soude qui doit être à l'état de bisilicate, et considérons le poids de l'atome de zircone comme 6, celui de chaux comme 3,5, celui de soude comme 4, et celui de protoxide de fer et de manganèse comme 4,5,

(A) 6 (atome de zircone) : 6 (trois atomes de silice) :: 11,102 : 11,102 = la silice unie à la zircone

(B) 3,5 (atome de chaux) : 6 (trois atomes de silice) :: 9,785 : 16,77 = la silice unie à la chaux.

(C) 4 (atome de soude) : 4 (deux atomes de silice) :: 13,13 : 13,13 = la silice unie à la soude.

(D) 4,5 (atome de protoxide) : 6 (trois atomes de silice) :: 8,816 : 11,75 = la silice unie au protoxide de fer et de manganèse.

Or, 11,102 + 16,77 + 13,13 + 11,75 = 52,752. Il ne manque à ce total que 0,573 pour égaler la quantité de silice contenue dans le minéral. Comme la silice, combinée avec la zircone, forme $\frac{1}{4,8}$ de la totalité, il est évident qu'afin d'avoir la quantité exacte de silice unie à la zircone dans l'eudialite, nous devons ajouter $\frac{1}{4.8}$ de 0,573 = 0,12 à 11,102; ce qui porte cette dernière somme à 11,222. Ceci nous donne, suivant la constitution de ce minéral,

11,222 : 11,102 :: 6 : 5,9358 = le poids de l'at. de zircone.

déduit de la composition de ce minéral.

Quoique ce nombre soit au-dessous de 6, cependant il en approche autant qu'on pouvait s'y attendre pour un minéral aussi compliqué, et qui probablement n'était pas exempt de quelque mélange de soladite ou de hornblende.

Je vais maintenant rapporter quelques expériences que j'ai faites pour déterminer la capacité de saturation de la zircone, et la quantité d'eau avec laquelle elle peut se combiner.

1. Une certaine quantité de carbonate pur de zircone avait été dissoute dans l'acide muriatique; on précipita la solution par l'ammoniaque, et la terre, après avoir été bien lavée, fut abandonnée pendant plusieurs semaines sur le filtre à une température qui, pendant le jour, était à peu près de 29,44 c., bien que, pendant la nuit, elle fût beaucoup plus basse. Cet hydrate avait une couleur jaune grisâtre, un certain degré de semi-transparence, et sa cassure ressemblait à celle de la colle-forte. On le chauffa fortement jusqu'au rouge pendant près d'une heure, afin d'en chasser l'eau et je le trouvai composé de

Zircone.	6
Eau	8,885

Or 8,885 diffère très-peu de 9, qui représente le poids de huit atomes d'eau. Ce résultat nous conduit à inférer que le poids de l'atome de zircone est 6, et que l'hydrate était composé de 1 atome de zircone et de 8 atomes d'eau.

2. Une autre quantité de zircone, précipitée du muriate, fut bien édulcorée et séchée sur le filtre, au moyen de la vapeur, à la température de 100° c, Cet hydrate ainsi obtenu fut décomposé par une forte chaleur rouge, et il se trouva composé de

Zircone	6
Eau.	1,125

Or 1,125 représente 1 atome d'eau. D'où il résulte que la composition de cet hydrate est de 1 atome de zircone et 7 atomes d'eau. Nous pouvons aussi conclure de cette expérience que l'atome de zircone est 6.

3. 11,85 parties de muriate de zircone pur, non cristallisé, mais que l'on avait formé en faisant dissoudre de la zircone dans de l'acide muriatique, et en évaporant la solution à siccité, à une basse température, furent dissoutes dans de l'eau. La zircone ayant été précipitée par l'ammoniaque, le précipité convenablement lavé, séché et chauffé au rouge, se trouva réduit à 4,331 parties. Le liquide, ainsi débarrassé de la zircone, fut neutralisé par l'acide nitrique, et l'acide muriatique précipité par le nitrate d'argent. Le chlorure d'argent, après la fusion, représentait 13,59

parties, équivalant à 3,444 parties d'acide muriatique. On voit, d'après cette expérience, que le muriate de zircone est formé de

Acide muriatique . .	3,444	ou	4,625
Zircone	4,331	ou	5,815
Eau	4,075	ou	5,437

le nombre 4,625 désigne le poids de l'atome d'acide muriatique; 5,437, approche d'assez près 5,625, poids de 5 atomes d'eau; et suivant cette expérience, 5,815 représente le poids de l'atome de zircone; c'est un peu moins que 6, qui était le poids de l'atome déduit de la constitution des hydrates. Je suis disposé à attribuer cette différence à un léger excès d'acide muriatique dans le sel; ma quantité de zircone n'ayant pas été suffisante pour me fournir du muriate de zircone cristallisé.

Ces expériences ne sont pas entièrement décisives, mais elles portent à conclure que 6 est le poids de l'atome de zircone.

CHAPITRE X.

DU POIDS DES ATOMES DE FER, DE NICKEL, DE COBALT, DE MANGANESE ET DE CÉRIUM.

Ces métaux ont un grand rapport les uns avec les autres, soit à raison du poids de leur atome, soit eu égard à la proportion dans laquelle ils se combinent avec l'oxigène. Chacun d'eux, en effet, forme au moins deux oxides, le premier contenant un atome d'oxigène, et le second un atome et demi de ce gaz, uni à un atome du métal; et ces deux oxides, au moins pour le fer et le manganèse, peuvent se combiner avec les acides. Un de ces métaux, je veux parler du manganèse, en s'unissant aveo deux, et même avec trois doses additionnelles d'oxigène, forme un oxide dont les propriétés ne sont ni acides ni alcalines, et un ou deux oxides susceptibles de se combiner avec des bases, et possédant par conséquent tous les caractères des acides.

SECTION Ire.

Poids de l'atome de fer.

Le protosulfate de fer ou *vitriol vert* est un sel connu depuis bien long-temps, que l'on fabrique pour l'usage des teinturiers et autres artistes. Il cris-

tallise en prismes tétraèdres obliques à base rhombe; il est transparent, d'un vert léger, et a une saveur astringente et douceâtre. On peut se le procurer parfaitement pur, soit dans les fabriques de couperose, soit en dissolvant le vitriol du commerce dans l'eau bouillante, filtrant la solution toute chaude, et laissant cristalliser par refroidissement. J'ai employé ce sel pour déterminer le poids de l'atome de protoxide de fer. Je vais rapporter le mode d'opération que j'ai suivi.

1. On mit dissoudre dans l'eau 17,375 parties de cristaux de protosulfate de fer purs et secs, et on y mêla une solution de 13,25 parties de chlorure de barium. Une double décomposition eut lieu immédiatement, et le sulfate de baryte se précipita au fond du vase. Quand ce liquide fut devenu clair, on l'essaya par le sulfate de soude et le muriate de baryte; mais il ne fut point affecté par l'un ou l'autre de ces réactifs; donc il ne contenait ni baryte, ni acide sulfurique. D'après cette expérience, il est évident que la baryte contenue dans 13,25 parties de chlorure de barium sature exactement l'acide sulfurique contenu dans 17,375 parties de protosulfate de fer cristallisé. Conséquemment 17,375 parties de prosulfate de fer contiennent juste 5 parties d'acide sulfurique.

2. On exposa pendant quelque temps dans un creuset de platine, à une température de 230° à 280° c., 17,375 parties de protosulfate de fer cristallisé. La perte fut de 7,6 parties.

Or, comme 17,375 parties de ce sel en contiennent exactement 5 d'acide sulfurique, ce qui est équivalant au poids d'un atome, l'eau de cristallisation doit

également être un nombre déterminé d'atomes. Or 7,875 parties seraient égales à 7 atomes; et la quantité d'eau qui s'est trouvée montait à 7,6 parties, ce qui est seulement 0,275 ou ¼ d'un atome moins de 7 atomes.

Mais la chaleur ne peut enlever à ce sel toute l'eau qu'il contient sans en même temps décomposer et chasser une portion de l'acide sulfurique. L'acide sulfureux commence à se dégager, et une certaine quantité d'acide sulfurique liquide (et par conséquent contenant de l'eau) découle le long des parois de la cornue.

Il est facile de faire voir que l'eau qui reste, unie à l'acide sulfurique, est exactement ¼ d'atome. Pour rendre facile à concevoir l'explication que je vais donner, j'admettrai ce qui ne sera cependant prouvé que dans un autre paragraphe de cette section, savoir, qu'un atome de fer pèse 3,5, un atome de son protoxide 4,5, et un atome de son peroxide 5.

Quand le protosulfate de fer, débarrassé autant qu'il est possible de son eau de cristallisation, est fortement chauffé, le protoxide de fer qu'il contient est converti en peroxide, aux dépens de l'acide sulfurique, qui abandonne un atome d'oxigène au fer, pour s'échapper ensuite à l'état d'acide sulfureux. Or 1 atome d'oxigène convertira 2 atomes de protoxide de fer en peroxide. Il est évident, d'après cela, qu'une moitié de l'acide sulfurique est décomposée, et que l'autre moitié passe à l'état d'acide sulfurique fumant. Or, j'ai analysé avec soin cet acide fumant, et je l'ai trouvé composé de

2 atomes acide sulfurique .	=	10
1 atome d'eau	=	1,125
		11,125

Supposons qu'une quantité de protosulfate de fer, équivalant à 4 particules intégrantes ou 69,5 parties (17,375 × 4) des cristaux, soit traitée de la manière suivante : On expose le sel à une température d'environ 280° c.; il perd 30,375 parties, ou la totalité de l'eau, moins un atome; il reste 39,125 parties, composées de

4 atomes acide sulfurique .	=	20
4 atomes protoxide de fer .	=	18
1 atome d'eau	=	1,125
		39,125

Quand on applique une forte chaleur à ce résidu, la moitié (ou 10 parties) d'acide sulfurique est décomposée en

2 atomes acide sulfureux .	=	8
2 atomes oxigène	=	2
		10

Les 8 parties d'acide sulfureux s'échappent à l'état de gaz, et les 2 parties d'oxigène s'unissent aux 18 de protoxide de fer, et les convertissent en 20 parties de peroxide. Les 10 parties d'acide sulfurique qui restent s'unissent à l'atome d'eau, et s'échappent à l'état d'acide sulfurique fumant, lequel représente alors 11,125 parties.

Il est évident, d'après cet exposé, que quand 17,375 parties de protosulfate de fer sont traitées par ce procédé, 7,59375 parties d'eau (ou 7 atomes moins ¼) seront chassées, et que 2 ½ parties d'acide sulfurique seront converties en 2 parties d'acide sulfureux (qui s'échappera), et que ½ partie d'oxigène, laquelle convertira les 4 ½ parties de protoxide en 5 parties de peroxide, et les 2 ½ parties restant d'acide sulfurique, unies avec 0,28125 parties d'eau (le ¼ d'atome qui reste encore), seront chassées à l'état d'acide sulfurique fumant.

Ce qui précède indique clairement qu'après avoir chassé toute l'eau que l'on peut faire sortir de 17,375 parties de protosulfate de fer, à l'aide d'une chaleur modérée, il y reste encore ¼ d'atome ou 0,28125. D'où il suit que la totalité de l'eau de cristallisation s'élève à 7,6 + 0,28125 = 7,88125. Ce nombre approche si près de 7,875, qui est l'équivalent de 7 atomes, qu'il ne peut pas y avoir de doute que 7 atomes ne soient la quantité d'eau contenue dans ce sel. Le petit excès (0,00625 partie seulement) était dû à un commencement de décomposition, car ce sel, ainsi traité, n'était pas entièrement soluble dans l'eau.

Il paraît que 17,375 parties de protosulfate de fer contiennent

1 atome acide sulfurique .	=	5
7 atomes d'eau	=	7,875
		12,875

Les 4,5 parties qui manquent pour compléter 17,375 sont évidemment le protoxide de fer; et comme ce

sel est neutre, 4,5 doit désigner le poids de l'atome de ce protoxide.

3. L'analyse du protosulfate de fer que nous venons de donner est rigoureusement exacte; cependant elle repose sur des assertions qui ont besoin d'être prouvées. Il faut donc maintenant exposer les expériences à l'aide desquelles je me suis assuré que 3,5 est le véritable poids atomistique du fer.

On mit dans une petite cornue 3,5 grains (2,266 grammes) de fer pur avec de l'acide sulfurique étendu; il s'ensuivit une dissolution complète, et le volume d'hydrogène dégagé (réduit à la pression et à la température moyenne) fut de 59 pouces cub. (966 79 cent. c.) Conséquemment le fer doit s'être combiné avec une quantité d'oxigène qui, si elle eût été à l'état gazeux, se serait élevée à $\frac{59}{2}$ ou 29, 5 p. c., qui pèsent presque 10 grains (647 5 millígr.). Ce qui prouve que quand 3,5 parties de fer pur sont dissoutes dans de l'acide sulfurique étendu, le fer se combine avec 1 d'oxigène. Or, par cette dissolution, le fer est converti en protoxide, par conséquent le protoxide de fer est composé de

Fer	3,5
Oxigène	1
	4,5

1 étant le poids de l'atome d'oxigène, 3,5 doit être le poids de l'atome de fer, et le poids de l'atome du protoxide de fer est évidemment 4,5.

4. Le fer et le soufre s'unissent en deux proportions, et forment le *protosulfure* et le *persulfure* de

fer. Le premier est nommé par les minéralogistes anglais, *pyrite magnétique*, parce que, pulvérisé, sa poussière est attirable à l'aimant. Le dernier est appelé *pyrite cubique*, parce que ses cristaux affectent cette forme. Le protosulfure de fer peut s'obtenir de toutes pièces, en mêlant de la limaille de fer et du soufre, et en exposant le mélange à une chaleur rouge, pendant quelque temps, dans un creuset bien couvert. Ce mélange se fond, l'excès de soufre est graduellement chassé, et il reste du protosulfure de fer. Ce sulfure, quand il est en cristaux, a une couleur jaune, l'éclat métallique, et une pesanteur spécifique d'environ 4 ½.

Quand il est réduit en poudre et digéré pendant un temps suffisant dans l'acide nitrique; le soufre est converti en acide sulfurique, tandis qu'en même temps le fer s'oxide. Si l'on mêle cette solution avec une quantité convenable de muriate de baryte, il se précipite du sulfate de baryte, dont le poids aide à déterminer la proportion de soufre que contient le protosulfure de fer. Cent parties de protosulfure, traitées de cette manière par Berzélius, lui donnèrent 269 parties de sulfate de baryte. (*Ann. de chimie*, LXXVIII, 126.) Cette proportion est un peu trop forte, parce qu'une portion de l'oxide de fer se précipite entraînée par le muriate de baryte, et elle est assez considérable pour lui donner une couleur jaune rougeâtre. Quand, au moyen de l'ammoniaque, on commence par précipiter l'oxide de fer, et quand on prend les précautions nécessaires pour qu'il ne reste pas d'acide sulfurique combiné avec le précipité, alors le sulfate de baryte est parfaitement blanc,

et il monte exactement à 267,37 parties. Or, 267,37 de sulfate de baryte en contiennent presque 36,36 de soufre; il paraît donc que 100 parties de protosulfure de fer contiennent 36,36 parties de soufre. Conséquemment, ses parties constituantes sont:

Soufre . . .	36,36	ou	2
Fer	63,64	ou	3,5002
	100,00		

Il est évident que ce protosulfure est composé d'un atome de soufre et d'un atome de fer, et conséquemment qu'un atome de fer pèse 3,5. Ces observations s'appliquent seulement au protosulfure de fer formé artificiellement. Le protosulfure natif, quand on le dissout dans l'acide muriatique, laisse toujours déposer un peu de soufre; preuve qu'il contient un mélange, soit de persulfure de fer, soit de soufre.

Il est possible, néanmoins, de convertir le protosulfure de fer en protosulfate neutre, en le faisant digérer avec soin dans une suffisante quantité d'acide nitrique affaibli; d'où il suit que le soufre et le fer sont dans le même rapport dans le protosulfure que dans le protosulfate, c'est-à-dire comme 2 : 3,5. Quand 2 parties de soufre sont converties en acide sulfurique, elles produisent 5; et quand 3,5 parties de fer sont converties en protoxide, elles donnent 4,5; c'est la conséquence de ce qui vient d'être exposé. Il résulte de là que 17,375 parties de protosulfate de fer doivent contenir exactement 4,5 parties de protoxide de fer, puisqu'on a fait voir que la quantité d'acide sulfurique était 5.

Les proportions de l'acide, de l'oxide et de l'eau, dans 17,375 parties de protosulfate de fer, ayant donc été rigoureusement établies, les parties constituantes du sel sont :

1 atome d'acide sulfurique .	5
1 atome de protoxide de fer .	4,5
7 atomes d'eau	7,875
	17,375

5. Berzélius a fixé le poids de l'atome de fer à 3,39215, ou (comme le nombre aurait dû être) à 3,393. Sa conclusion est fondée sur l'expérience suivante : on fit dissoudre 100 parties de fer dans l'acide muriatique; et l'hydrogène qui se dégagea étant brûlé sur l'eau de chaux, la quantité de carbonate de chaux qui se précipita fut de 4,125 parties; ce qui équivaut à 0,495, ou à près de 1 pour cent de carbone. On fit bouillir la solution avec de l'acide nitrique, pour faire passer le fer à l'état de peroxide; il fut alors précipité par l'ammoniaque caustique. Le précipité étant lavé, séché et calciné, représentait 143,5 parties; mais si 99,5 parties de fer ont donné 143,5 parties, il est évident que 100 parties en auraient fourni 144,2 (*Ann. de chim.*, LXXVIII, 720). Il s'ensuit donc que le peroxide de fer est composé de

Fer.	100	ou	3,393
Oxigène	44,2	ou	1,5

Cette expérience cependant ne paraît pas susceptible

d'une exactitude rigoureuse, à moins qu'on ne la fasse avec du fer d'une pureté parfaite; car nous ne sommes pas certains que tout le carbone soit employé dans le gaz hydrogène carburé. L'odeur forte du gaz qui se dégage indique la présence de quelque substance huileuse ou bitumineuse, qui peut se déposer en partie avant la combustion du gaz hydrogène. Par cette méthode, diverses personnes ont obtenu des résultats différens. J'ai fait deux expériences avec beaucoup de soin; dans l'une, 100 parties de fer furent converties en 142,6 de peroxide; et dans l'autre, j'en obtins 144,75 parties. (*Nicholson's journal*, XXVII, 378.)

M. Hassenfratz a trouvé que 100 parties de fer, calcinées dans une coupelle, se convertissaient en 142,224 de peroxide. (*Op. cit.*, XXVI, 149.) Dans une autre expérience, 100 parties de fer, traitées de la même manière, en donnèrent 145 de peroxide.

M. Bucholz, à l'aide d'une expérience semblable à celle de Berzélius, obtint 142 parties de peroxide de 100 parties de fer. (*Op. cit.*, XXV, 353.)

M. Gay-Lussac, de 100 parties de fer, a obtenu 142,35 de peroxide. (*Ann. de chimie*, III, 356.)

La moyenne de tous ces essais donne 43,303 pour la quantité d'oxigène qui s'unit à 100 parties de fer; donc, suivant ces expériences, le peroxide de fer est composé de

Fer	100	ou 3,463
Oxigène	43,303	ou 1,5

Or 3,463, poids de l'atome de fer, déduit de ces mê-

mes expériences, approche plus de 3,5, valeur obtenue dans les expériences précédentes, que le nombre donné par Berzélius.

6. Voici de quelle manière j'ai déterminé le poids de l'atome de peroxide de fer; je choisis avec soin 7,5 parties de pyrites cubiques, que je réduisis en poudre grossière; et je les mis digérer dans de l'acide nitrique affaibli, jusqu'à ce que tout fût dissous: versant ensuite un excès d'ammoniaque caustique dans la solution, le peroxide de fer fut précipité. On le recueillit sur un double filtre; et quand il fut lavé, séché et chauffé au rouge, il pesait exactement 5. Le liquide restant, ainsi débarrassé du fer, fut concentré afin de chasser l'excès d'ammoniaque. On le mêla alors avec une quantité de muriate de baryte, suffisante pour précipiter tout l'acide sulfurique. Le sulfate de baryte ainsi obtenu, étant lavé, séché et chauffé au rouge, pesait 29,5 parties, équivalant à 4 parties de soufre. D'après ces détails, il est clair que le persulfure de fer est composé de

Soufre	4
Fer	3,5
	7,5

ou, en d'autres termes, de 2 atomes soufre et de 1 atome fer. Mais pendant l'opération, les 3,5 de fer furent convertis en peroxide et devinrent 5. Il est évident, d'après cela, que le peroxide de fer a pour constituans

Fer	3,5	ou	1 atome
Oxigène . .	1,5	ou	1 ½ atome
	5		

par conséquent, lorsque 100 parties de fer pur sont converties en peroxide, elles deviennent 142,857.

7. Le peroxide de fer a la propriété de se combiner avec l'eau, et de former un perhydrate. Ce composé se trouve dans la nature, et constitue ce que les Allemands appellent *brauneisenstein*. D'Aubuisson a fait voir le premier que c'était un perhydrate de fer. Il est très-fréquemment mélangé avec un peu d'oxide de manganèse et de silice. C'est ce qui arrive presque toujours à la variété appelée hématite. Mais quand le perhydrate est pur, il se compose de

1 atome d'eau	1,125
1 atome peroxide de fer .	5
	6,125

Une portion de cette eau se dissipe très-facilement; c'est pourquoi, à moins d'apporter une grande attention, au résultat on pourrait croire que la portion d'eau serait au-dessous de 1 atome.

8. J'ai trouvé, il y a plusieurs années, que quand 100 parties de fer sont oxidées en faisant passer dessus de la vapeur d'eau, lorsqu'elles sont chauffées au rouge, elles se combinent avec 29,7528 parties d'oxigène. (*Nicholson's journ.*, XXVII, 378.) Bucholz employa le même procédé pour analyser le fer; et il remarqua que 100 parties d'oxide, obtenues de cette manière, étant converties en peroxide par l'acide nitrique, donnaient 110 parties. Il conclut de là que 100 parties oxidées par la vapeur se combinaient avec 29,87 d'oxigène. (*Nicholson's journ.*, XXV, 353.) C'est presque le résultat que j'ai obtenu : mais,

d'après des expériences qui ont été faites ensuite par M. Gay-Lussac, il paraîtrait que le fer oxidé de cette manière s'unit avec plus d'oxigène que nous n'en avons rencontré Bucholz et moi. Ce savant trouve, en effet (*Ann. de chimie*, LXXX, 164), que l'oxide est composé de

Fer	100	ou	3,5
Oxigène . . .	37,8	ou	1,323

or 1,323 est très-près de 1 ⅓ d'oxigène. De là il semblerait que ce prétendu oxide est composé de 1 atome de fer + 1 ⅓ atome d'oxigène. Or, c'est précisément la proportion qui résulterait de la combinaison d'une particule intégrante de protoxide, et de deux particules intégrantes de peroxide de fer; car

1 atome de protoxide est composé de	3,5 fer	+	1 oxigèn.
2 atomes de peroxide se composent de	7 fer	+	3 oxigèn.
	10,5		4

et $\frac{10,5}{3} = 3,5$, et $\frac{4}{3} = 1 \frac{1}{3}$. En telle sorte qu'un pareil composé consisterait évidemment en 1 atome fer et 1 ⅓ atome oxigène.

Quand on dissout dans l'acide sulfurique cet oxide obtenu par M. Gay-Lussac, et que l'on verse de l'alcool sur le sulfate, on obtient une dissolution de persulfate de fer, tandis que le protosulfate reste insoluble. De ce fait, et de plusieurs autres, que M. Gay-Lussac a exposés dans son Mémoire, il résulte que cette substance ne peut pas être considérée comme un oxide particulier, mais bien comme une combinaison de protoxide et de peroxide, dans les proportions que nous venons de rapporter.

Si l'on examine les phénomènes qui se manifestent pendant la fabrication du bleu de Prusse, on a de fortes raisons pour considérer le fer que cette matière colorante contient, comme étant dans le même état que l'oxide de M. Gay-Lussac, ou comme un mélange composé de 1 partie de protoxide et de 2 parties de peroxide. Si nous essayons en effet de faire de suite du bleu de Prusse au moyen du persulfate de fer, nous obtiendrons un produit de la plus belle couleur, mais tellement foncé qu'en le séchant, il paraîtra tout-à-fait noir; les fabricans regardent toujours comme nécessaire d'employer le protosulfate de fer. Le bleu de Prusse, lorsqu'il se précipite, se présente d'abord sous forme de poudre d'une couleur bleue excessivement légère. Cette poudre est continuellement lavée avec de l'eau pendant quinze jours ou trois semaines; la nuance se fonce graduellement par les lavages; et quand on la juge assez foncée, on laisse écouler l'eau, et la matière colorante s'égoutte et se sèche. D'après la connaissance de ce procédé, je suis disposé à penser que le protoxide et le peroxide de fer peuvent s'unir dans la proportion d'un atome du premier à 2 atomes du second. Mais à l'exception du bleu de Prusse, je ne connais aucune autre combinaison dans laquelle on retrouve cette composition.

SECTION II.

Poids de l'atome de nickel.

Il est très-facile de déterminer le poids de l'atome

de nickel et de son protoxide au moyen du sulfate, qui me paraît composé de 8 particules intégrantes, dont une d'acide sulfurique, l'autre de protoxide de nickel, et sept d'eau. Ce sel est d'une belle couleur vert-pré, et cristallise en prismes tétraèdres rectangles; sa saveur est légèrement astringente et il est très-soluble dans l'eau.

1. On mit dissoudre dans l'eau 17,125 parties de cristaux de sulfate de nickel, et on y mêla une dissolution de 13,25 parties de chlorure de barium. Il se fit une double décomposition, et le sulfate de baryte se précipita. La liqueur claire, traitée par le sulfate de soude et le muriate de baryte, ne fut affectée par aucun de ces réactifs, et par là fit voir qu'il ne contenait ni baryte, ni acide sulfurique. Cette expérience prouve que 17,125 parties de sulfate cristallisé de nickel contiennent juste la quantité d'acide sulfurique nécessaire pour saturer la baryte contenue dans 13,25 parties de chlorure de barium, c'est-à-dire, juste 5 parties de cet acide.

2. Quand 17,125 parties de sulfate cristallisé de nickel sont exposées pendant une demi-heure, à une température d'environ 280° c., il y a perte de 6,25 parties, ou un peu plus de 5 ½ atomes d'eau. Mais à cette température le sel ne perd pas sa couleur verte, et par conséquent retient encore de l'eau. Lorsqu'on chauffe au rouge obscur ces 17,125 parties du sel en question, il perd sa couleur, et en général diminue de 8 parties. Mais le sel que l'on a traité de cette manière n'est pas tout-à-fait complétement soluble dans l'eau; dès lors, une petite portion de l'acide a été dégagée. Cette expérience, que j'ai

souvent répétée, prouve que l'eau de cristallisation dans 17,125 parties de sulfate de nickel ne se monte pas tout-à-fait à 8 parties. Dans une expérience où le feu fut conduit avec beaucoup de précaution, la perte fut de 7,8 parties; et ce sel était complétement soluble dans l'eau. Il est évident, d'après cela, que l'eau de cristallisation, dans 17,125 parties de sulfate de nickel, est entre 7,8 et 8 parties. Or, 7,875 représentent 7 atomes d'eau; et comme la quantité d'acide dans cette proportion de sel est juste 5 parties équivalant à 1 atome, nous ne pouvons pas avoir de doute que la quantité d'eau ne soit également équivalente à 7 atomes ou 7,875.

5 d'acide et 7,875 d'eau = 12,875; lequel nombre étant soustrait de 17,125, il reste 4,25, qui doit être le poids de l'atome de protoxide de nickel (puisque le sel est neutre). Ainsi, il paraît que la composition du sulfate de nickel est

1 atome acide sulfurique . . .	5
1 atome protoxide de nickel .	4,25
7 atomes d'eau	7,875
	17,125

Rien ne peut faire douter que cet oxide ne soit composé de 1 atome nickel et de 1 atome oxigène; donc 1 atome de nickel doit peser 3,25.

3. Indépendamment du protoxide de nickel, il existe un autre oxide de couleur noire, qui a d'abord été indiqué par Thénard, et que ce chimiste obtint en faisant passer un courant de chlore gazeux à travers de l'eau contenant du protoxide de nickel en suspension.

Une portion de l'oxide se dissout dans l'acide muriatique qui se dégage; tandis qu'une autre portion prend une couleur noire et se convertit en peroxide. On verra, en examinant plus loin la constitution de cet oxide, que le tiers du protoxide de nickel doit se dissoudre et se convertir en muriate de nickel; tandis que deux tiers deviennent du peroxide de nickel et restent insolubles.

Quand le peroxide de nickel est dissous dans l'ammoniaque, il se fait une effervescence à cause du gaz azote qui se dégage; car le peroxide est converti en protoxide aux dépens de l'hydrogène de l'ammoniaque. Une effervescence a également lieu quand on fait digérer cet oxide dans des acides : l'excès d'oxigène est chassé à l'état de gaz, et le protoxide qui se forme s'unit avec l'acide. Il semblerait, d'après quelques expériences de Rothoff citées par Berzélius (*Annals of philosophy*, III, 355), que l'oxigène du peroxide de nickel est à celui du protoxide comme 3 : 2. S'il en est ainsi, le poids de l'atome de peroxide de nickel sera 4,75; et il sera composé de

1 atome nickel. . . .	3,25
1 ½ atome oxigène . .	1,5
	4,75

Si cette supposition est bien fondée, 47,5 parties de peroxide de nickel étant dissoutes dans l'acide sulfurique, doivent perdre 5 d'oxigène.

SECTION III.

Poids de l'atome de cobalt.

Le sulfate de cobalt, quand il est pur, cristallise en petits prismes rhomboïdes, rouges, et ressemblant beaucoup par la forme de ses cristaux, au protosulfate de fer. On peut le tenir au feu jusqu'au commencement de la chaleur rouge, et le priver ainsi de toute son eau de cristallisation, sans qu'il perde de son acide.

1. On fit dissoudre dans l'eau 9,25 parties de sulfate anhydre de cobalt, et on mêla au liquide une solution de 13,25 parties de chlorure de barium. Il se fit une double décomposition: le sulfate de baryte se précipita, et la liqueur claire surnageant étant essayée, ne fut point affectée par le sulfate de soude ou le muriate de baryte; preuve qu'elle ne contenait ni baryte ni acide sulfurique. Cette expérience montre évidemment que 9,25 parties de sulfate anhydre de cobalt contiennent exactement 5 parties d'acide sulfurique. Les 4,25 parties restantes doivent être du protoxide de cobalt. Donc ce sel est composé de

Acide sulfurique . . .	5
Protoxide de cobalt . .	4,25
	9,25

Ce sel étant neutre, et 5 étant le poids de l'atome d'acide sulfurique, 4,25 doit être le poids de l'atome de protoxide de cobalt.

2. Quand on expose 17,125 parties de sulfate de cobalt cristallisé, à un commencement de chaleur rouge, dans un creuset de platine, il se perd 7,875 parties du poids primitif. Or, ce nombre représente 7 atomes d'eau. On voit donc, par cette expérience, que le sulfate de cobalt est composé précisément comme le sulfate de nickel, c'est-à-dire de

1 atome acide sulfurique	5
1 atome protoxide de cobalt . .	4,25
7 atomes eau	7,875
	17,125

3. Il ne me paraît pas que l'on puisse hésiter à considérer cet oxide comme composé de 1 atome oxigène et de 1 atome cobalt. Dans cette supposition, le poids de l'atome de cobalt serait 3,5, le même poids que celui de l'atome de nickel.

4. Si le protoxide de cobalt est composé de 1 atome cobalt et de 1 atome oxigène, il résulte que 100 parties de cet oxide ont pour parties constituantes :

Cobalt	76,47
Oxigène	23,53
	100,00

Or, quand le protoxide de cobalt est précipité de sa dissolution dans un acide, édulcoré et séché à l'air libre, il absorbe l'oxigène en séchant, et se convertit en une poudre noire qui est le *peroxide* de cobalt. Ce peroxide se dissout avec effervescence dans l'acide

muriatique, et le chlore est dégagé à l'état de gaz. Lorsqu'on le chauffe, il se dégage de l'oxigène, et d'après les expériences de Rothoff, rapportées par Berzélius (*Annals of philosophy*, III, 356), il paraît que quand on chauffe 111 parties de peroxide de cobalt, elles se convertissent en 100 parties de protoxide. En telle sorte que 100 parties de protoxide deviennent du peroxide, en s'unissant avec 11 parties d'oxigène. Mais $11 \times 2 = 22$, qui représente presque l'oxigène de 100 parties de protoxide.

D'après ces détails, nous voyons que l'oxigène du protoxide est à celui du peroxide comme 2 : 3. Par conséquent, l'atome de peroxide de cobalt doit peser 4,75, et avoir pour constituans

1 atome cobalt . . .	3,25
1 ½ atome oxigène . .	1,5
	4,75

Ainsi donc, sous le rapport de la composition, le poids atomistique s'accorde avec celui du peroxide de nickel; comme ce dernier, il ne paraît pas pouvoir s'unir avec les acides, ni entrer dans aucune combinaison permanente, à la manière du peroxide de fer.

SECTION IV.

Poids de l'atome de manganèse.

Le poids de l'atome du protoxide de ce métal peut se déduire du protosulfate, de la même manière que

les protoxides de fer, de nickel et de cobalt. Le protosulfate de manganèse, quand il est pur, forme de grands cristaux transparens, d'une belle couleur de chair, présentant des prismes rhomboïdes, obliques, dont les faces se rencontrent sous des angles de 148° et 32° environ. Sa saveur ressemble un peu à celle du sel de Glauber, quoique plus désagréable, et comme ce sel, il est purgatif, quand on le prend à la dose d'environ une demi-once. Il est très-soluble dans l'eau, mais ne s'altère point à l'air, quel que soit l'état hygrométrique de l'atmosphère.

1. On mit dissoudre dans l'eau 15,125 parties de ces cristaux, et on mêla au liquide une solution de 13,25 de chlorure de barium; il se fit une double décomposition; et quand le sulfate de baryte fut précipité, le liquide surnageant ne fut affecté ni par le sulfate de soude ni par le muriate de baryte. Cette expérience indique donc que 15,125 parties de protosulfate de manganèse contiennent exactement 5 parties d'acide sulfurique.

2. Lorsque 15,125 parties de protosulfate de manganèse sont chauffées dans un creuset de platine, elles fondent, et l'eau de cristallisation s'échappe graduellement. Mais il est presque impossible, par ce procédé, de réussir à chasser la totalité de l'eau de cristallisation sans laisser échapper en même temps un peu d'acide. Le Dr John parvint à dégager 5,345 parties d'eau de 15,125 parties de ce sel. J'ai répété l'expérience avec beaucoup de soin, et j'ai trouvé que je pouvais faire dégager 5,48 parties d'eau, de 15,125 parties de sel. Mais si l'on venait à élever la température assez haut pour produire une

plus grande diminution de poids, une portion du sel éprouvait une altération sensible et devenait insoluble.

Cinq atomes d'eau pèsent 5,625 ; ce qui n'excède 5,48 que de 0,145, ou la huitième partie d'un atome environ. Il y a tout lieu de croire que la portion aqueuse de ce sel constitue un nombre déterminé d'atomes ; et puisque 15,125 parties du sel contiennent juste 1 atome d'acide sulfurique, le poids atomistique de l'eau doit s'y trouver aussi en même quantité. Or les résultats que nous venons d'exposer indiquent, sans équivoque, que 5 atomes d'eau sont unis dans ce sel, avec une particule intégrante de protosulfate anhydre. Il paraît donc que 15,125 parties de protosulfate de manganèse en contiennent 5,625 d'eau.

3. Les 5 parties d'acide sulfurique et les 5,625 parties d'eau forment ensemble 10,625. Ce nombre étant soustrait du nombre primitif 15,125, il reste 4,5 qui doit désigner la quantité de protoxide de manganèse présent. Il paraît donc que le protosulfate de manganèse est composé de

Acide sulfurique . . .	5
Protoxide de manganèse.	4,5
Eau	5,625
	15,125

Comme ce sel est neutre, et que 5 est le poids de l'atome d'acide sulfurique, 14,5 doit être le poids de l'atome de protoxide de manganèse.

Ainsi, il paraît que le protoxide de manganèse et le protoxide de fer ont le même poids atomistique. Si

le protoxide de manganèse est composé de 1 atome manganèse et de 1 atome oxigène (comme il y a de fortes raisons pour le croire), alors 1 atome de manganèse pèse 3,5, ou le même poids que l'atome de fer.

4. On rencontre le plus ordinairement le manganèse sous forme d'oxide, de couleur noire. Cette substance a été long-temps employée par les verriers pour enlever au verre sa couleur; et l'on en fait aujourd'hui un grand usage pour le blanchiment des toiles et pour préparer le chlorure de chaux. Cet oxide est souvent impur; cependant on le rencontre quelquefois cristallisé en petites aiguilles qui ont la forme de prismes rhomboïdes, le lustre et la couleur du fer, quoiqu'un peu plus foncée. J'ai trouvé de semblables échantillons parfaitement purs. Lorsque l'on soumet pendant quelque temps à une chaleur médiocrement rouge 11 parties de ce sel dans un creuset de platine, il se dégage juste 1 partie qui est de l'oxigène pur. Exposé ainsi à la chaleur, il perd son lustre métallique, et la masse prend une couleur brune foncée. La poudre qui s'est formée est un oxide particulier de manganèse; car il se dissout sans effervescence dans les acides sulfurique et muriatique, et donne des dissolutions d'un rouge foncé. Ce sulfate et ce muriate ne cristallisent pas; si l'on chauffe en effet le muriate, il se dégage du chlore, et l'on obtient le protomuriate de manganèse incolore, ordinaire; mais le sulfate rouge de manganèse peut être concentré sans perdre sa couleur. L'acide sulfureux ou nitreux le rend à l'instant incolore, en le privant de l'excès d'oxigène qu'il contient en sus du protosulfate.

1 atome manganèse	3,5
2 atomes oxigène	2
	5,5

Cet oxide n'a aucune analogie avec les oxides connus de fer, de nickel ou de cobalt. On l'a désigné jusqu'à présent sous le nom de *Peroxide de manganèse;* mais, comme il y a tout lieu de croire que le manganèse forme au moins un, sinon deux oxides additionnels, il vaudrait mieux désormais l'appeler *Tritoxide de manganèse.*

6. Schéele, il y a plusieurs années, fit une expérience curieuse sur le tritoxide de manganèse. Il le mêla avec de la potasse caustique, et l'exposa à une chaleur assez forte pour fondre l'alcali. La matière ayant été maintenue quelque temps en fusion, il se forma une masse d'un vert foncé ou noirâtre, laquelle était soluble dans l'eau. Peu à peu il se précipita de cette solution une poudre jaune, et le liquide prit une couleur *bleue*, qui, quelque temps après, devint *violette*, et ensuite *rouge;* enfin l'oxide noir de manganèsese précipita, et le liquide perdit entièrement sa couleur. Ce changement remarquable de couleur a fait donner à cette substance le nom de *caméléon minéral.* On peut employer le salpêtre au lieu de la potasse, et le procédé réussira également bien. Quand le liquide a pris la couleur rouge, MM. Chevillot et Edwards (*Ann. de chim. et de phys.*, VIII, 337) le font évaporer, et obtiennent un sel de couleur rouge cristallisé en aiguilles. Ce sel est neutre, et composé de potasse, unie à un oxide

de manganèse, auquel on reconnaît des propriétés acides, et qui par conséquent diffère des trois oxides dont nous avons déjà parlé.

Ce sel rouge a reçu le nom de *manganésiate de potasse.* Il possède quelques propriétés particulières : il cristallise en prismes tétraèdres rectangulaires, a l'éclat du diamant, une couleur pourpre, une saveur d'abord douce ressemblant à celle des noisettes, mais laissant dans la bouche une impression très-désagréable. Quand ses cristaux sont chauffés et mis en contact avec l'hydrogène, ils l'enflamment. Ce sel détonne violemment avec le phosphore, enflamme le soufre, l'antimoine et l'arsenic, et rivalise avec le chlorate de potasse lui-même, pour exciter la combustion. L'acide ne peut en être séparé sans se décomposer; l'acide sulfurique le dégage de la potasse; mais quand on essaie de séparer le sulfate de potasse par l'évaporation, la couleur rouge disparaît, et le tritoxide de manganèse se précipite.

Le Dr Forchhammer est parvenu, par un procédé très-ingénieux, à isoler l'*acide manganésique.* Il mélangea du tritoxide de manganèse et du nitrate de baryte cristallisé, et il exposa le mélange à une température suffisamment élevée pour opérer la fusion du sel. Il faut, selon lui, avoir grand soin de ne pas chasser l'eau de cristallisation; car autrement l'opération ne réussirait pas (1). L'acide nitrique est graduellement décomposé; le tritoxide de manga-

(1) Comme je n'ai jamais rencontré aucun nitrate de baryte avec l'eau de cristallisation, je n'ai point essayé de répéter ce procédé, car ce sel, autant que j'ai pu l'observer, m'a toujours paru être anhydre.

nèse s'unit avec une plus grande quantité d'oxigène, est converti en acide, et se combine avec la baryte à mesure que cet alcali devient libre. Quand l'opération est terminée, il faut mettre la masse digérer dans l'eau, laquelle dissout toute la baryte pure ou le nitrate de baryte qui pourrait exister, sans agir sur le composé de baryte et d'acide de manganèse qui est insoluble dans ce liquide. A ce résidu insoluble, le Dr Forchhammer ajoute la quantité d'acide sulfurique nécessaire pour saturer toute la baryte qu'il contenait. L'acide de manganèse contenu dans la masse se divise en deux substances: le tritoxide de manganèse et l'acide manganésique. Le premier reste mêlé au sulfate de baryte; mais le second se dissout dans l'eau, et donne à ce liquide une belle couleur rouge.

7. Quand ce tritoxide de manganèse et ce nitre sont chauffés, la solution est d'abord verte et passe graduellement au rouge, tandis qu'en même temps une certaine quantité de deutoxide de manganèse se précipite. Quand on verse un acide dans la solution verte, elle devient rouge; d'un autre côté, un alcali rend verte la solution rouge. Lorsque l'on ajoute à cette dernière de l'alcool ou une substance soit animale soit végétale, le deutoxide de manganèse se précipite, et en même temps, la couleur rouge est détruite.

Le Dr Forchhammer pense, d'après ces phénomènes et quelques autres semblables, qu'il y a deux acides de manganèse; et il les nomme acides *manganéseux* et *manganésique* : le premier contient beaucoup moins d'oxigène que le second. L'acide *manganéseux* existe dans le liquide coloré en vert, qui est com-

posé de cet acide et de la potasse, tandis que le sel rouge est composé d'acide manganésique et de potasse.

8. Pour déterminer la composition de l'acide manganéseux, le Dr Forchhammer prépara une quantité de manganésite de potasse, et la décomposa par l'addition d'une solution de nitrate de plomb; il se précipita une matière foncée en couleur, consistant en peroxide de plomb et en deutoxide de manganèse, précipité que Forchhammer considéra comme contenant tout l'oxigène et tout le manganèse de l'acide manganéseux. Ce précipité étant lavé et séché fut mêlé avec du bisulfate de potasse, et exposé à une température assez élevée pour le faire fondre dans une cornue. L'oxigène dégagé fut recueilli et mesuré; son poids était 0,1303 partie. On fit dissoudre dans l'eau le sel contenu dans la cornue (le plomb restant à l'état de sulfate), et le manganèse fut précipité par le carbonate de soude et exposé à une chaleur rouge. Le deutoxide obtenu par ce procédé pesait 0,282 partie. Or le deutoxide de manganèse est (comme nous l'avons vu) composé de 3,5 manganèse + 1,5 oxigène; par conséquent, 0,282 partie de cet oxide contiennent :

Manganèse	0,1974
Oxigène	0,0846
	0,2820

Si à cette portion d'oxigène nous ajoutons 0,1303 partie expulsés par la chaleur, nous aurons pour composition de l'acide manganéseux :

Manganèse . . .	0,1974	ou	3,5
Oxigène	0,2149	ou	3,8103
	0,4123		

Or, 3,8103 approche très-près de 4 atomes oxigène; d'où l'on pourrait conclure que l'acide manganéseux est composé de 1 atome manganèse et 4 atomes oxigène, et que le poids de son atome est 7,5. Mais le Dr Forchhammer conclut (et je ne vois pas comment il en déduit cette conséquence) que réellement l'acide manganéseux ne contient que 3 atomes oxigène unis à 1 atome manganèse. Dans cette supposition, le poids de son atome serait 6,5.

La manière dont le Dr Forchhammer procède à ses expériences, et à l'aide de laquelle il arrive à la composition de l'acide manganésique, est très-ingénieuse, mais assez vague. Je vais essayer d'en donner une esquisse au lecteur. Il fit passer un courant de gaz acide carbonique à travers une dissolution de manganésite de potasse; par cette opération, la manganésite fut changée en manganésiate de potasse; tandis qu'en même temps il se précipita 0,136 partie de deutoxide de manganèse. Le manganésiate fut alors décomposé au moyen de l'alcool, et il se précipita 0,214 partie de deutoxide de manganèse. Or, par la première opération, l'acide manganésique formé contenait tout l'oxigène de l'acide manganéseux, excepté ce qui restait dans la portion de deutoxide précipitée. La totalité du deutoxide précipité était 0,136 + 0,214 = 0,350; et c'était la quantité de deutoxide contenue dans l'acide manganéseux. L'acide

manganésique n'en contenait que 0,214 partie; et il y avait avec ces 0,214 partie, juste autant d'oxigène combiné qu'avec les 0,350 partie de l'acide manganéseux.

Mais l'acide manganéseux est formé de 5 deutoxide de manganèse + 1,5 oxigène. Par conséquent, 0,350 sont composés de 0,245 deutoxide + 0,105 oxigène; et les parties constituantes de l'acide manganésique sont :

Deutoxide de manganèse. .	0,214
Oxigène	0,105

Le deutoxide de manganèse est composé de 3,5 manganèse + 1,5 oxigène; par conséquent 0,214 de deutoxide consistent en 0,1498 manganèse + 0,0642 oxigène. En ajoutant ensemble les 0,105 d'oxigène et les 0,0642, nous aurons 0,1692 pour la totalité de l'oxigène de l'acide manganésique combiné avec 0,1498 de manganèse. Ainsi, on voit que l'acide manganésique est composé de

Manganèse	0,1498	ou	3,5
Oxigène	0,1692	ou	4,620
	0,3190		

Si, nous faisons, à l'égard de l'excès d'oxigène, la même concession que le Dr Forchhammer a faite dans le cas de l'acide manganéseux, on peut considérer l'acide manganésique comme étant composé de 1 atome manganèse et de 4 atomes oxigène : ce qui donnerait pour poids de son atome 7,5.

Il paraîtrait, d'après ces faits, que l'oxigène et le

manganèse n'ont pas moins de cinq proportions pour se combiner, et qu'ils forment cinq oxides, dont voici la composition :

	MANGANÈSE.		OXIGÈNE.
1° protoxide	3,5	+	1
2° deutoxide	3,5	+	1,5
3° tritoxide	3,5	+	2
4° acide manganéseux	3,5	+	3
5° acide manganésique	3,5	+	4

9. Berzélius a décrit un oxide de manganèse qui contient moins d'oxigène qu'aucun des précédens. On l'obtint en abandonnant du manganèse métallique pendant plus d'un an dans une fiole mal bouchée. Il se précipita sous la forme d'une poudre d'un brun foncé, qui, suivant l'analyse ou plutôt le calcul de Berzélius, était composée de

Manganèse	100
Oxigène	10,666

Je n'ai pas eu l'occasion de faire aucune expérience sur ce prétendu oxide; mais, s'il existe, il doit être formé de 3 atomes manganèse et de 1 atome oxigène. Alors il consisterait en

Manganèse	10,5	ou	100
Oxigène	1,0	ou	9,5238

ce qui diffère peu de l'estimation de Berzélius.

10. Le Dr John trouva que quand on mettait du manganèse métallique dans l'eau, ce liquide était

lentement décomposé ; qu'il se dégageait de l'hydrogène ; que le manganèse perdait son éclat métallique et prenait une couleur verte : quatre-vingts parties de manganèse, traitées de cette manière, produisirent quatre-vingt-douze parties du nouvel oxide. Or 80 : 12 : : 3,5 : 0,525. Dès lors il paraîtrait que cet oxide, que je n'ai pas eu l'occasion d'examiner, est composé de 1 atome manganèse et ½ atome oxigène, ou de

2 atomes manganèse . .	7
1 atome oxigène . . .	1
	8

Cet oxide est incapable de s'unir avec des acides; cependant le Dr Forchhammer a fait une suite d'expériences pour montrer qu'il se combine avec le soufre, et forme le minéral trouvé en Transylvanie dans le comté de Cornouailles, et que l'on regarde maintenant comme un oxide de manganèse sulfuré. Il paraît néanmoins prouvé que le minéral de Transylvanie est un sulfure de manganèse.

Je regarde comme très-douteuse l'existence du prétendu protoxide de manganèse admise par Berzélius; mais je ne vois pas de raison pour ne pas croire à celle du sousoxide de John : bien que ce chimiste se soit trompé en le considérant comme la base de tous les sels de manganèse. La base réelle est la substance que j'ai désignée ici sous le nom de protoxide, et qui contient juste deux fois autant d'oxigène que le suboxide de John.

Le manganèse est de toutes les substances examinées

jusqu'à présent, celle qui s'unit à l'oxigène dans un plus grand nombre de proportions.

SECTION V.

Poids de l'atome de Cérium.

Le cérium n'a pas encore été obtenu à l'état métallique, mais on s'est assuré qu'il se combine avec deux proportions d'oxigène et forme deux oxides, chacun desquels possède des propriétés alcalines, et peut en conséquence se combiner avec les acides, et constituer les bases d'une grande variété de sels.

M. Hisinger est la seule personne qui ait jusqu'à présent entrepris de déterminer le poids de l'atome de ce métal et de ses oxides. Les résultats auxquels il parvint sont tirés d'une analyse du protomuriate de cérium. On fit dissoudre dans l'eau une quantité de ce sel; et au moyen du nitrate d'argent, on sépara l'acide muriatique. Le chlorure d'argent, après la fusion, pesait 1,819, représentant à 0,4609 partie d'acide muriatique. La solution ayant été débarrassée par l'acide muriatique, de l'excès d'argent qu'elle contenait, on y mêla du carbonate d'ammoniaque pour précipiter le protoxide de cérium. Cet oxide, après avoir été chauffé au rouge dans un vaisseau clos, pesait 0,684 partie (*Annals of philosophy*, IV, 355). Il résulte de cette analyse que le protomuriate de cérium est composé de

Acide muriatique . .	0,4609	ou	4,625
Protoxide de cérium .	0,684	ou	6,862

Comme le sel était neutre, on peut conclure de ce résultat que le poids de l'atome du protoxide de cérium est 6,862.

Mais je pense que dans cette analyse, on peut soupçonner que l'acide muriatique est porté trop haut, et le protoxide de cérium au-dessous de sa véritable quantité : je trouve, en général, que quand on verse du nitrate d'argent dans une solution d'un sel métallique, le chlorure obtenu contient des traces du métal qui était d'abord combiné avec l'acide muriatique. Afin d'obtenir des résultats exactement semblables à l'analyse, il faut d'abord précipiter l'oxide métallique au moyen d'un carbonate alcalin ou d'un alcali pur; et après que cet oxide a été séparé par le filtre, on doit neutraliser le liquide par l'acide nitrique et précipiter l'acide muriatique au moyen du nitrate d'argent. Ces considérations me conduisirent à faire l'expérience suivante, pour déterminer le poids du protoxide de cérium.

1°. Je fis chauffer jusqu'au rouge une quantité d'oxalate de cérium, afin de chasser l'acide qu'il contenait. Le peroxide de cérium qui en résulta fut dissous dans l'acide muriatique, et le liquide plusieurs fois évaporé à siccité, avec un excès d'acide, jusqu'à ce qu'il devînt tout-à-fait incolore. On y mêla alors du carbonate d'ammoniaque en quantité suffisante pour précipiter le protoxide de cérium à l'état de carbonate. Le carbonate de cérium, qu'on laissa sécher à l'air libre, était une substance légère, volumineuse, blanche, insipide, ayant la forme de petites écailles ou lames, ressemblant un peu au talc. Je fis dissoudre ce carbonate, jusqu'à saturation com-

plète, dans de l'acide sulfurique affaibli. La solution était incolore; et lorsqu'elle fut suffisamment concentrée, elle laissa déposer du protosulfate de cérium en petits cristaux, qui présentaient les uns la forme d'un prisme hexaèdre, et les autres des prismes tétraèdres; mais ces cristaux étaient trop petits pour que l'on pût en mesurer exactement les angles.

Ce sel est couleur de chair; sa saveur est douce et légèrement astringente; il rougit les couleurs bleues végétales. Il est assez soluble dans l'eau, quoique le degré précis de sa solubilité n'ait pas été déterminé.

2. On fit dissoudre dans de l'eau distillée 15,625 parties de ces cristaux, et l'on mélangea le liquide avec une solution semblable de 13,25 parties de chlorure de barium. La double décomposition se fit; le sulfate de baryte se précipita, et le liquide restant ne fut point affecté, ni par le sulfate de soude, ni par le muriate de baryte, preuve qu'il ne contenait aucune quantité sensible, ni d'acide sulfurique, ni de baryte. On voit, d'après cette expérience, que 15,625 de protosulfate de cérium contiennent 5 parties d'acide sulfurique.

3. On exposa pendant une heure sur le bain de sable 15,625 parties de protosulfate de cérium cristallisé à une chaleur d'environ 230° c., ou d'un peu plus. La perte fut de 3,125 parties en poids; et cette perte n'augmenta pas, quoiqu'on soutînt la même température pendant vingt-quatre heures. Le sel, ainsi traité, était devenu blanc; il rougissait encore les couleurs bleues végétales, et était complétement soluble dans l'eau. On doit donc attribuer cette perte de poids au dégagement de l'eau; or le poids de trois

atomes d'eau est équivalant à 3,375. Ce résultat excède de 0,25 la perte de poids réellement éprouvée par le sel : ce qui équivaut à $\frac{1}{4,5}$ d'un atome. Ce sel étant aussi neutre que possible, et 15,625 de ses parties contenant 5 d'acide sulfurique, qui représente un atome, ce même poids de sel doit contenir un nombre déterminé d'atomes d'eau; et il est clair que la véritable quantité d'eau doit être trois atomes ou 3,375. J'ai remarqué que ce sel ne pouvait pas devenir parfaitement anhydre, sans perdre en même temps une portion de son acide.

4. Cinq parties d'acide sulfurique et 3,375 d'eau ajoutées ensemble, donnent 8,375, qui étant soustraits de 15,625, nombre total de la quantité de sel employé, laissent 7,25, qui doit représenter le poids du protoxide de cérium contenu dans le sel, et doit être aussi le poids atomistique de ce protoxide.

Le lecteur verra, par cette analyse, que le protosulfate de cérium est composé de

1 atome acide sulfurique . .	5
1 atome protoxide de cérium .	7,25
3 atomes d'eau	3,375
	15,625

Donc 7,25 est le véritable poids de l'atome de cérium; ce qui est un peu plus haut que le nombre déduit de l'analyse du muriate de cérium par Hisinger. J'ai déjà dit un mot de la raison probable de cette différence.

5. D'après les expériences de Hisinger, l'oxigène du protoxide de cérium est à celui du peroxide comme 2 est à 3. Je n'ai pas eu à ma disposition une assez grande quantité de cérium pour pouvoir faire de semblables essais sur le peroxide de ce métal : Cependant, on peut avec toute confiance se fier aux rapports que Hisinger a déduits de ses analyses ; elles ont toutes été faites de la même manière, et sont par conséquent sujettes aux mêmes erreurs : ce qui n'aurait aucune influence sur les rapports entre les deux oxides, mais bien sur leurs poids absolus. Il est aisé, d'après ces données, de déduire le poids des atomes et la composition du cérium et de ses oxides, dans les proportions suivantes :

	POIDS DE L'ATOME.		CÉRIUM.		OXIGÈNE.
Cérium .	6,25				
Protoxide.	7,25	composé de	1 atome	+	1 atome
Peroxide .	7,75		1	+	1 ½

6. Quoique les expériences suivantes, pour déterminer l'effet des réactifs sur le protomuriate de cérium, contiennent peu de choses nouvelles, il est cependant bon de les noter, parce que les sels et tous les réactifs employés étaient extrêmement purs.

1. Prussiate de potasse. — Précipité blanc crayeux.
2. Acide gallique et infusion de noix de galle. — O.
3. Acide oxalique. — Précipité blanc abondant.
4. Oxalate d'ammoniaque. — *Idem*, redissous par l'agitation.
5. Acide tartarique. — O.

6. Tartrate de potasse. — Précipité blanc abondant.
7. Bitartrate de potasse. — O.
8. Acide phosphorique. — Précipité blanc.
9. Phosphate de soude. — Abondance de flocons blancs.
10. Carbonate d'ammoniaque. — Précipité floconneux blanc de lait.

CHAPITRE XI.

DES POIDS DES ATOMES DE ZINC, DE CADMIUM, DE PLOMB, D'ÉTAIN, DE BISMUTH, DE CUIVRE, DE MERCURE ET D'ARGENT.

Ces huit métaux ont des propriétés communes, qui les distinguent de tous les autres. 1° Tous sont doués, en effet, d'un certain degré de malléabilité; car si le bismuth, le plus cassant de tous, peut être aisément brisé par un coup de marteau, le zinc, qui vient immédiatement après lui, est très-malléable à une température un peu au-dessus de celle de l'eau bouillante. 2° Tous ces métaux fondent à des températures peu élevées, si sous ce rapport on les compare avec la plupart des autres métaux; en effet, le cuivre qui de tous est celui qui fond le moins aisément, le fait cependant à un feu ordinaire entretenu par l'action d'un soufflet; il faut même prendre quelque précaution pour empêcher un creuset d'argent exposé à une chaleur rouge, de fondre dans un feu ordinaire. Les autres six métaux entrent en fusion à une chaleur au-dessous du rouge; et le mercure conserve sa fluidité, même dans les hivers les plus rigoureux. 3° Leurs oxides sont aisément décomposés par la chaleur et le charbon, en telle sorte qu'il est facile d'obtenir ces corps à l'état métallique

et par comparaison, dans un grand état de pureté. 4° Lorsque les sept derniers de ces métaux sont tenus en dissolution par un acide (surtout par l'acide sulfurique ou muriatique, quand ces acides forment des sels solubles avec l'oxide métallique), si dans la solution de l'un quelconque d'entre eux on plonge une lame de métal, on remarquera que le métal dissous est revivifié, tandis qu'une portion de la lame plongée lui est substituée dans la dissolution. Ainsi une lame de zinc précipitera à l'état métallique tous les métaux qui viennent après lui : il en sera de même du cadmium, du plomb, de l'étain, du bismuth, du cuivre et du mercure.

L'argent cependant est incapable de précipiter tous les métaux, qui, dans ce chapitre, sont énumérés avant lui, bien que d'ailleurs il soit précipité par tous. Le mercure précipite l'argent, mais point d'autres; le cuivre précipite ces deux métaux, mais aucun de ceux qui le précèdent. La même remarque s'applique à chaque métal en particulier.

Le fer a également la propriété de précipiter à l'état métallique tous les métaux qui font partie de ce chapitre; mais il faut en excepter le zinc. Quand on met une lame de ce métal dans une solution de fer, ce dernier se précipite graduellement à l'état de peroxide. Le cuivre précipite très-bien le mercure et l'argent : le zinc précipite aussi très-bien le cadmium, l'étain et le cuivre de l'acide muriatique, et le plomb de l'acide acétique.

Le lecteur n'a pas oublié que dans le Ier chapitre de cet ouvrage (Ire section), nous avons déterminé le poids de l'atome de zinc : quantité d'autant plus

importante à connaître, qu'elle nous aidait à déterminer les pesanteurs spécifiques des gaz oxigène et hydrogène, d'où dépend en définitive toute la doctrine des proportions atomistiques. Le poids d'un atome de zinc est 4,25; il se combine avec seulement une proportion d'oxigène, et forme un oxide dont le poids atomistique est 5,25.

SECTION Ire.

Poids de l'atome de cadmium.

Le cadmium est un métal que l'on rencontre encore très-difficilement : cependant M. Harepath eut la bonté de me donner une certaine quantité de la matière qui adhère au plafond de la chambre où l'on extrait le zinc, à Bristol. Cette substance contenait environ 10 pour cent de cérium; il me fut possible de l'extraire et d'examiner la composition de ses différens sels. Stromeyer, auquel nous sommes redevables de la connaissance de ce métal, a soumis à l'analyse plusieurs des sels qu'il forme : il s'est assuré de combien le métal augmentait en poids lorsqu'il est converti en oxide, et d'après l'exactitude dont nous savons doué cet excellent chimiste, nous devons nous attendre à ce que les résultats de ses analyses nous donneront le poids atomistique de ce métal, ou que du moins son évaluation sera très-près de la vérité. Aussi croyons-nous convenable, avant tout, de rapporter ses expériences.

M. Stromeyer a analysé le carbonate, le sulfate,

le nitrate, le muriate, le phosphate et le borate de cadmium : mais il n'a pas encore fait connaître les détails de ses analyses, ou du moins le second volume de son *Untersuchungen*, ouvrage dans lequel il les a insérés très-probablement, n'a point encore paru en Angleterre ; circonstance qui nous empêche de juger de l'exactitude des données sur lesquelles reposent ses calculs. Dans cette incertitude, je prendrai de préférence le sulfate de cadmium, pour déterminer le poids atomistique de ce minéral, parce que je sais, d'après les autres analyses publiées avec détail par ce chimiste, qu'il se sert des principes constituans du sulfate de baryte énoncés par Berzélius, lesquels s'éloignent très-peu de la vérité, bien que d'ailleurs ils ne soient pas tout-à-fait exacts.

Le sulfate de cadmium, suivant Stromeyer, ressemble beaucoup, quant à son aspect, au sulfate de zinc. Il cristallise en prismes à quatre pans rectangulaires; et ses cristaux, qui sont très-solubles dans l'eau, s'effleurissent promptement lorsqu'ils sont exposés à l'air. La chaleur lui enlève facilement son eau de cristallisation, et ce sel peut être exposé à une chaleur rouge sans rien perdre de son acide; aussi est-il facile de déterminer sa quantité d'eau de cristallisation. Ses principes constituans sont, d'après Stromeyer :

Acide sulfurique	28,5230
Oxide de cadmium.	45,9564
Eau.	25,5206
	100 (1)

(1) *Gilbert*, *Annalen*, LX, pag. 202.

Or, ces nombres sont absolument en rapport avec les suivans :

Acide sulfurique.	5
Oxide de cadmium.	8,0567
Eau.	4,454

Il est évident pour le lecteur que 5 est le nombre qui désigne le poids atomistique de l'acide sulfurique. 4,454 est si près de 4,5, représentant le poids de 4 atomes d'eau, qu'il ne peut plus y avoir de doute que ces 4 atomes ne soient la véritable quantité d'eau contenue dans une particule intégrante de ce sel. Il est plus que probable que 0,046, qui manque pour compléter le poids des 4 atomes d'eau, a été abandonné à l'oxide de cadmium. D'où il résulte que, selon toute probabilité, les principes constituans, de ce sel auraient dû être :

1 atome d'acide sulfurique . .	= 5
1 atome d'oxide de cadmium .	= 8,0107
4 atomes d'eau	= 4,5

D'après cette analyse, 8,0107 indique le poids atomistique de l'oxide de cadmium : et ce nombre approche si près de 8, que nous ne devons pas balancer à le regarder comme l'expression du véritable poids atomistique de cet oxide. En effet, d'après le grand nombre de résultats que déjà nous avons trouvés et que nous obtenons encore, tous ces poids atomistiques sont des multiples de 0,25 ; ce qui a aussi lieu exactement pour le nombre 8, tandis qu'il

n'en est pas ainsi des quantités 8,0567 ou 8,0107.

Afin de déterminer la composition du sulfate de cadmium, avec toute la précision qu'exigeait une pareille analyse, je préparai une certaine quantité de ces cristaux très-purs, que j'obtins en faisant le vide sous une machine pneumatique où j'avais préalablement placé une forte solution de ce sel, au-dessous de laquelle était un vase contenant de l'acide sulfurique. Ces cristaux étaient gros, aplatis, présentant des prismes à quatre pans, rectangles en apparence : mais comme ils avaient l'inconvénient de s'effleurir, il me fut impossible d'en mesurer les angles à l'aide du goniomètre de réflexion. Le plus grand nombre avaient des bords tronqués, ce qui rendait le prisme hexagone, lequel était terminé à ses deux extrémités par un hexagone allongé. Ces cristaux, après avoir été soumis à quatre cristallisations successives, rougissaient encore les couleurs bleues végétales : ce qui me porte à conclure que l'oxide de cadmium, comme l'oxide de zinc, est incapable de neutraliser complétement l'acide sulfurique. La saveur de ce sel ressemble assez à celle du sulfate de zinc; mais son amertume est un peu plus désagréable.

Guidé par l'analyse de Stromeyer rapportée plus haut, je fis dissoudre dans l'eau 17,5 parties de ces cristaux bien secs et tout-à-fait exempts d'efflorescence, et je mêlai la solution avec 13,25 parties de chlorure de barium. Après que le sulfate de baryte fut précipité, j'essayai le liquide surnageant, par le sulfate de soude et le muriate de baryte : mais aucun de ces réactifs n'agit sur lui. Nous voyons, d'après cette expérience, que 17,5 parties de sulfate de cadmium

cristallisé en contiennent juste 5 d'acide sulfurique.

17,5 parties des même cristaux ayant été chauffés avec beaucoup de précaution, jusqu'au rouge, dans un creuset de platine, perdirent juste 4,5 de leur poids : ce qui équivaut à 4 atomes d'eau.

L'acide et l'eau contenus dans 17,5 parties de sulfate de cadmium montant à 9,5, il est évident que les 8 parties qui manquent pour compléter tout le poids doivent être de l'oxide de cadmium, et que la véritable composition de ce sel est

1 atome acide sulfurique . . .	5
1 atome oxide de cadmium . .	8
4 atomes d'eau	4,5
	17,5

Je plaçai sous le récipient d'une machine pneumatique avec de l'acide sulfurique, une solution excessivement concentrée de sulfate de cadmium. On fit le vide; mais au lieu de cristalliser, le liquide déposa une croûte blanche, dure, sans forme, ayant l'apparence de l'émail. Lorsqu'on mêla 15,25 parties de cette croûte avec une solution de 13,25 parties de chlorure de barium, une double décomposition eut lieu; le sulfate de baryte étant précipité, on essaya le liquide surnageant avec le sulfate de soude et le muriate de baryte : mais aucun de ces réactifs ne l'affecta. D'après cela, les parties constituantes de cette croûte sont :

1 atome acide sulfurique . .	5
1 atome oxide de cadmium .	8
2 atomes eau	2,25

Le sulfate de zinc a la propriété de se précipiter de la même manière, comme nous avons eu l'occasion de le faire voir dans la première section du troisième chapitre de cet ouvrage.

On a également soumis à l'analyse les autres sels de cadmium, et les résultats obtenus, comme on le verra dans un des chapitres suivans, s'accordent tous pour montrer que 8 est le poids atomistique de l'oxide de cadmium.

Comme le cadmium s'unit seulement à une dose d'oxigène, il est évident que l'oxide est un composé de 1 atome cadmium et de 1 atome oxigène : conséquemment le poids de l'atome de cadmium doit être 7 ; ce qui est confirmé par les expériences de Stromeyer, qui trouva que 100 parties de cadmium (étant oxidé) étaient converties en 114,352 d'oxide de cadmium. Cet oxide est donc composé de

Cadmium . .	100	ou	6,9677
Oxigène . . .	14,352	ou	1

et 6,9677, poids de l'atome de cadmium déduit de cette expérience, approche très-près de 7, nombre déduit du sulfate. Néanmoins il ne serait pas étonnant qu'il fût un peu moins de 7; car le cadmium est un métal si volatil, qu'il est difficile de l'exposer à l'action de la chaleur sans en perdre.

Stromeyer a aussi formé et analysé quelques alliages de cadmium ; et ses travaux méritent d'autant plus de fixer notre attention, qu'ils confirment l'exactitude du poids atomistique que nous avons assigné au cadmium.

L'alliage de cadmium et de platine se compose de

Platine	46,02	ou	12
Cadmium	53,98	ou	14,07
	100,00 (1)		

Nous verrons plus tard que le nombre 12 représente le poids de l'atome de platine. 14,07 doit indiquer 2 atomes de cadmium : car l'alliage dont nous parlons est évidemment formé de 3 atomes, dont un de platine et 2 de cadmium. L'atome de ce dernier, déduit de cet alliage, est 7,035.

L'amalgame de cadmium est composé de

Cadmium	21,7391	ou	6,944
Mercure	78,2609	ou	25
	100		

25 est le poids atomistique de mercure ; en telle sorte que cet amalgame est composé de 1 atome mercure et de 1 atome cadmium. Si nous déduisons le poids atomistique de cet amalgame, nous aurons 6,944.

L'atome de cadmium, déduit d'une moyenne de ces deux alliages, est représenté par 6,9895 ; et si nous déduisons le poids atomistique de ce métal de la moyenne que nous fournissent les quatre séries d'expériences de Stromeyer, ce qui est la manière la plus sûre d'atteindre la vérité, nous aurons 7,00085. Or ce nombre est si près de 7, que le chimiste, quelque scrupuleux qu'il soit, ne peut hésiter à adopter

(1) *Gilbert*, LX, 209.

7, comme étant le véritable poids de l'atome de cadmium : en telle sorte que les expériences de Stromeyer, même sans la mienne, suffisent pour établir ce point important.

Il paraît donc que le poids de l'atome de cadmium est 7, et que 8 est celui de l'oxide de ce métal. Le sulfure de cadmium, quand on le fait digérer dans de l'acide nitrique, se convertit en sulfate; c'est donc un composé de 1 atome soufre et de 1 atome cadmium, et dont le poids atomistique est 9.

SECTION II.

Poids de l'atome de plomb.

J'ai déjà rapporté, dans une première section de cet ouvrage, une expérience à l'aide de laquelle on peut aisément déduire le poids atomistique du protoxide de plomb. Le nitrate de ce métal cristallise en octaèdres d'un blanc opaque, et ce sel est tout-à-fait anhydre. Onze parties de sulfate anhydre de potasse suffisent pour opérer la décomposition de 20,75 parties de ce nitrate; et le sulfate de plomb que l'on obtient pèse juste 19. Mais ces 19 parties en contiennent 5 d'acide sulfurique : en telle sorte que ce sel doit être composé de

Acide sulfurique . . .	5
Protoxide de plomb . .	14
	19

Ce sel étant neutre, et 5 représentant le poids d'un

atome d'acide sulfurique, 14 doit nécessairement indiquer le poids du protoxide de plomb. Or, dans l'hypothèse où ce protoxide de plomb serait formé de 1 atome plomb et de 1 atome oxigène, l'atome de plomb devrait peser 13; et il sera facile de voir, par l'expérience suivante, que ce nombre est le véritable poids de cet atome.

Quinze parties de galène pure, ou sulfure de plomb, ayant été réduites en poudre, furent mises en digestion avec de l'acide nitrique dans une petite cornue que l'on avait préalablement pesée, et sur laquelle on avait inscrit le poids, avec un diamant. La galène, par cette opération, fut graduellement convertie en sulfate de plomb: quand la conversion fut complète, on distilla l'acide nitrique, et l'on maintint la cornue à une chaleur de plus de 280° c., jusqu'à ce que son intérieur fût devenu parfaitement sec. On la laissa alors se refroidir, et l'on obtint juste le poids du sulfate de plomb ainsi formé. Or 5 de ces parties sont de l'acide sulfurique, contenant 2 parties de soufre; par conséquent 2 représente la quantité de soufre contenue dans 15 parties de sulfure de plomb. Le restant du poids étant du plomb, il est évident que le sulfure de ce métal est composé de

Plomb	13
Soufre	2
	15

Le nombre 2 représente le poids d'un atome de soufre, et 13 est évidemment le poids atomistique du plomb.

Indépendamment du protoxide ou oxide jaune

de plomb, il y a deux oxides de ce métal, qui sont l'*oxide rouge* ou le *deutoxide*, et l'*oxide brun* ou le *peroxide*.

La belle couleur connue sous le nom de *minium* est formée d'un mélange de protoxide et de deutoxide de plomb, dans des proportions variables. J'ai trouvé dans du minium très-beau la proportion du protoxide se montant jusqu'à près de la moitié de tout le poids. Si l'on fait digérer de l'oxide rouge de plomb dans de l'acide acétique, il y a dissolution du peroxide, et le deutoxide reste intact. Cette nouvelle substance est d'un rouge foncé, et n'a point cet éclat qui caractérise l'oxide rouge de plomb. On a fait plusieurs essais pour découvrir la quantité d'oxigène nécessaire pour convertir le protoxide de plomb en deutoxide; j'ai fait même une série d'expériences à ce sujet, il y a environ vingt ans (1); mais comme je ne savais pas à cette époque quelle était la proportion du protoxide contenu dans le plomb rouge, je ne cherchai point à le séparer, et par conséquent j'évaluai au-dessous de ce qu'elle est réellement la quantité d'oxigène que cet oxide contient. Berzélius lui-même, bien qu'il semble ne pas avoir ignoré l'existence du protoxide dans le minium, paraît ne pas avoir réussi à l'enlever en entier. Cependant la proportion d'oxigène que ce chimiste assigne à cet oxide, quoique étant au-dessous de la véritable quantité, nous fournit une approximation suffisante pour pouvoir déterminer la composition du deutoxide de plomb.

(1) *Nicholson*, *Journ.*, VIII, 289.

9,835 parties de deutoxide de plomb ayant été chauffées jusqu'au rouge, dégagèrent 0,29 partie d'oxigène, en laissant 9,545 de protoxide (1). Le deutoxide de plomb est donc composé, d'après ce résultat, de

Protoxide de plomb	9,545	ou	14
Oxigène	0,290	ou	0,43

2. Je vais démontrer dans l'expérience suivante, que j'ai faite avec beaucoup de soin, que la véritable composition du deutoxide de plomb est 14 pour le protoxide, + 0,5 pour l'oxigène. Vingt-neuf parties de deutoxide de plomb furent mises en digestion dans de l'acide nitrique affaibli, mais pur; et lorsqu'il n'y eut plus d'action, on versa le tout sur un double filtre, et le peroxide de plomb restant fut bien lavé et parfaitement desséché à une température d'à peu près 235° c. On obtint 15 pour résultat, etc. : il résulte donc de là que le poids du protoxide dissous par l'acide nitrique était 14. Ainsi, 29 parties de deutoxide de plomb furent réduites à

Protoxide de plomb . . .	14
Peroxide de plomb . . .	15
	29

Mais nous allons faire voir que 15 représente le poids de l'atome du peroxide, et qu'il se compose d'un atome plomb et de deux atomes oxigène. Le

(1) *Afhandlingar*, III, 168, ou *Annales de chimie*, LXXVIII, 14. Il y a une erreur typographique dans la traduction française.

protoxide est formé d'un atome plomb et d'un atome oxigène. Il s'ensuit donc que 29 parties de deutoxide de plomb ont pour parties constituantes :

2 atomes plomb	=	26	ou	1 atome plomb		13
3 atomes oxigène	=	3	ou	1 ½ at. oxigène		1,5
		29				14,5

Le deutoxide de plomb ne nous paraît pas susceptible d'entrer dans aucune combinaison chimique; il est donc, dans l'état présent de nos connaissances, tout-à-fait insignifiant comme substance chimique.

3. Le peroxide de plomb découvert par Schéele se présente sous la forme d'une poudre de couleur puce, tirant sur le brun. On peut l'obtenir en faisant digérer de l'acide nitrique sur du minium. Une portion du deutoxide est réduite à l'état de protoxide, et se dissout dans l'acide, tandis que l'oxigène qu'il dégage, venant à s'unir à une autre portion, se convertit en peroxide. Si le deutoxide est pur, il est clair que, d'après l'expérience rapportée plus haut, une moitié juste du plomb est dissoute, et que l'autre moitié est devenue du peroxide.

J'ai reconnu il y a long-temps que si l'on exposait 100 parties de cet oxide à une chaleur rouge, il restait 91 parties de protoxide (1); si l'on considère maintenant les 9 de perte, comme étant de l'oxigène, il résultera de cette expérience que le peroxide de plomb se compose de 100 parties de

(1) *Journal de Nicholson*, VII, 288.

plomb + 18,34 oxigène, ou 13 parties de plomb + 2,334 oxigène. Mais lorsque j'entrepris ces expériences, j'ignorais que les oxides métalliques fussent susceptibles de retenir l'eau; le peroxide dont je fis alors usage avait été simplement désséché en plein air, et par conséquent n'était pas complétement anhydre. Cette perte en poids était en partie de l'eau et en partie de l'oxigène; j'estimai donc beaucoup trop haut la quantité d'oxigène qui se trouvait dans l'oxide.

Berzélius fit dessécher du peroxide de plomb à une température à laquelle on pouvait fondre l'étain, et il trouva que 5 parties de l'oxide ainsi desséché perdaient, quand on les exposait à une chaleur rouge, 0,325 partie. Le résidu, dont le poids était 4,675, ayant été mis en digestion dans de l'acide acétique, donna 0,13 partie de sulfate de plomb et de silice (1). Il résulte de cette expérience que le peroxide de plomb se compose de

Protoxide de plomb	4,545	ou	14
Oxigène	0,325	ou	0,973
	4,87		

Mais, ce qui est bien certain, c'est que la véritable composition de cet oxide, est

Protoxide de plomb . . .	14
Oxigène.	1
	15

(1) *Afhandlingar*, III, 170, ou *Annales de chimie*, LXXVIII, 16. Un membre de phrase ayant été omis, ce passage est inintelligible dans la traduction française.

Le poids de l'atome est 15 et l'oxide est composé de 1 atome plomb = 13, et 2 atomes oxigène = 2.

Les principes constituans des trois oxides de plomb sont donc :

	PLOMB.		OXIGÈNE.		POIDS DE L'ATOME.
Protoxide	1 atome	+	1 atome	.	14
Deutoxide	1 –	+	1 ½ –	.	14,5
Peroxide	1 –	+	2 –	.	15

4. Lorsque l'on introduit des lamelles de plomb pur dans du gaz chlore, le gaz est peu à peu absorbé, et le plomb converti en une matière blanche qui est du chlorure de plomb. Cette substance s'obtient aisément par le simple mélange des dissolutions de nitrate de plomb et de sel commun. Il se précipite de petits cristaux brillans, qui, lorsqu'ils sont chauffés à vaisseau fermé, se fondent et prennent la forme d'une matière grisâtre, que l'on désignait autrefois sous la dénomination de *plomb corné* (*blumbum corneum*). Je trouve, d'après une expérience faite avec soin, que 13 parties de plomb, lorsqu'elles sont concentrées en chlorure, pèsent 17,5. La composition de ce chlorure est donc :

1 atome plomb . . .	13
1 atome chlore . . .	4,5
	17,5

SECTION III.

Poids de l'atome d'étain.

L'étain est un métal qui forme avec l'oxigène deux oxides distincts. Le protoxide s'obtient en dissolvant l'étain dans l'acide muriatique concentré (en prenant toutefois la précaution d'empêcher l'air de pénétrer dans la petite cornue où se fait l'opération). Quand l'acide muriatique est complétement saturé, il faut verser le liquide en une seule fois, dans un vase de verre contenant autant de potasse caustique ou de soude qu'il en faut pour saturer tout l'acide muriatique combiné avec le protoxide. Il se précipite une poudre noire qui est le protoxide d'étain. On la sépare à l'aide d'un filtre; on la lave et on fait sécher. Si l'on combine cet oxide avec des acides, il a une grande tendance à s'unir avec une nouvelle quantité d'oxigène, et à se convertir en peroxide; mais lorsqu'il est isolé et sec, il n'en est point ainsi; je suis parvenu cependant à en conserver pendant plusieurs années dans une fiole ordinaire, sans jamais avoir observé aucune altération dans sa couleur.

Le peroxide d'étain, qui est d'une couleur jaunâtre, peut être obtenu en faisant digérer de l'étain dans une certaine quantité d'acide nitrique, et en élevant graduellement la température jusqu'au rouge. Cet acide est décomposé et chassé, et il reste le peroxide d'étain dans un état de pureté.

Ces deux oxides forment, avec l'acide muriatique, plusieurs sels ; mais c'est inutilement qu'en les analysant avec soin, j'ai cherché à déterminer le poids atomistique de l'étain. Néanmoins l'expérience suivante, que j'ai répétée plusieurs fois, fait connaître la composition du peroxide d'étain, et l'on peut aisément en déduire le poids de l'atome de ce métal.

7,25 parties d'étain pur furent mises dans un creuset de platine et dissoutes dans une quantité suffisante d'acide nitrique très-faible. On fit évaporer lentement la solution jusqu'à siccité, et peu à peu on éleva la chaleur du creuset jusqu'au rouge. Le peroxide d'étain que l'on obtint par ce procédé pesait 9,25 ; ce qui donne évidemment pour sa composition

Etain	7,25
Oxigène	2

Mais 2 indique deux atomes d'oxigène ; conséquemment 7,25 doit être le poids d'un atome d'étain. Le protoxide d'étain pèse évidemment 9,25, et on peut le regarder comme étant composé de 1 atome étain et de 2 atomes oxigène.

2. Les expériences de Berzélius (1) prouvent, sans laisser aucun doute, que le protoxide d'étain contient juste la moitié de l'oxigène du peroxide. Il est donc formé de 1 atome étain, et de 1 atome oxigène, et son poids atomistique est 8,25.

3. L'étain se combine avec le chlore, comme avec

(1) *Journal de Nicholson*, XXXV, 122.

l'oxigène, en deux proportions, et forme deux chlorures. On peut très-aisément se procurer le protochlorure d'étain pur en amalgamant ensemble l'étain et le mercure, et en mêlant cet amalgame avec une quantité suffisante de calomel. On expose le tout dans un tube de verre à une chaleur d'abord faible, mais que l'on porte graduellement assez haut pour évaporer tout le mercure et le calomel. 7,25 parties d'étain ayant été traitées de cette manière, donnèrent pour résidu 11,75 de protochlorure. La composition de ce chlorure est donc évidemment

1 atome étain	7,25
1 atome chlore	4,5
	11,75

Ce composé est gris, et sa cassure est brillante et résineuse; si on le met dans du gaz chlore, il prend feu, et se convertit en perchlorure.

4. Le perchlorure d'étain a été pendant long-temps connu sous le nom de liqueur *fumante de Libavius*. On peut l'obtenir, en distillant à une douce chaleur un mélange d'amalgame d'étain et de sublimé corrosif. Il passe d'abord un liquide incolore, qui est en grande partie de l'eau: ensuite la liqueur fumante s'élève tout-à-coup avec une telle rapidité, qu'il m'est arrivé plus d'une fois de perdre tout le produit de la distillation. Le Dr John Davy a reconnu que l'on pouvait également se procurer le perchlorure d'étain en distillant, à une douce chaleur, un mélange de permuriate d'étain concentré et d'acide sulfurique.

Le perchlorure d'étain laisse échapper, lorsqu'il est exposé à l'air, des vapeurs très-abondantes et d'une grande densité; ce qui provient de ce que cette substance est très-avide d'humidité. Adet a reconnu qu'en mêlant trois parties de perchlorure d'étain et une partie d'eau, le mélange se condense en une masse solide. Je ne vois point de raison pour douter que ce perchlorure, lorsqu'il est pur, ne soit un composé d'un atome étain et de 2 atomes chlore, et que son poids atomistique ne soit 16,25. Cependant il m'a été impossible de vérifier cette opinion par une analyse *ad hoc*. J'ai fait trois expériences sur la liqueur fumante de Libavius, préparée avec soin dans mon laboratoire; et si la quantité de chlore que je recueillis dans chacune d'elle ne fut point exactement la même, la moyenne déduite de toutes les trois m'a donné pour composition du chlorure :

1 atome étain	7,25
2 1/4 atomes chlore	9,112
	16,362

L'analyse de ce composé, faite par le Dr John Davy (1), a fourni à peu près le même résultat, ou plutôt il trouva une quantité un peu plus grande de chlore ; c'est-à-dire 9,18 parties unies à 6,25 d'étain. Il semblerait, d'après ces différentes analyses, que la liqueur fumante de Libavius préparée par l'amalgame d'étain et de sublimé corrosif contiendrait un excès de chlore.

J'ai trouvé que des cristaux de permuriate d'étain étaient composés de

(1) *Philosphie. Transact.* 1812, pag. 177.

1 atome peroxide d'étain	9,25
2 atomes acide muriatique. . . .	9,25
3 atomes eau	3,375
	21,875

Si l'on distillait à une chaleur douce un mélange de ce sel et d'acide sulfurique, on obtiendrait un perchlorure probablement neutre; mais je n'ai pas encore essayé de le préparer de cette manière.

5° Les sulfures d'étain, qui sont au nombre de deux, nous donnent aussi la preuve évidente que le poids atomistique de l'étain est tel que nous l'avons déterminé.

On obtient le protosulfure d'étain en faisant fondre ensemble dans un tube de verre le métal et le soufre, et en tenant le composé à une température assez élevée pour sublimer l'excès de ce dernier. Quand on a ainsi converti en sulfure 7,25 parties, on trouve pour poids du nouveau composé 9,25. Le protosulfure d'étain se compose donc de

1 atome étain	7,25
1 atome soufre	2
	9,25

On a connu pendant long-temps le persulfure d'étain sous le nom d'or musif. Il se présente sous la forme d'écailles légères, d'une couleur jaune-brunâtre, et d'une grande beauté. Il est soluble dans l'acide nitromuriatique et dans la lessive de potasse. L'analyse de ce sulfure d'étain, telle qu'elle a été

faite par le Dr John Davy, suffit pour prouver qu'il se compose de

1 atome étain	. . . . . .	7,25
2 atomes eau	. . . . . .	4
		11,25

puisqu'il a reconnu, d'après l'analyse, que ses parties constituantes étaient :

Etain	100	ou	7,25
Soufre . . .	56,25	–	4,078

SECTION IV.

Poids de l'atome de bismuth.

Quand on veut déterminer avec exactitude le poids de l'atome de bismuth, il faut employer ce métal pur. Le bismuth du commerce contient ordinairement du fer, et presque toujours un peu de soufre. Afin d'obtenir le bismuth pur, je fis dissoudre une certaine quantité de celui du commerce dans l'acide nitrique : les cristaux de nitrate de bismuth ayant été jetés dans l'eau furent décomposés, et il se précipita au fond du vase une poudre blanche, qui était surtout de l'oxide de bismuth hydraté. Cet hydrate fut bien lavé, séché sur un filtre, et réduit à l'état métallique, en le chauffant dans un creuset couvert d'un flux noir.

1. Neuf parties de bismuth aussi purifiées ayant été dissoutes dans l'acide nitrique, furent mises dans un creuset de platine. On évapora la solution jusqu'à siccité à l'aide d'une chaleur douce, que l'on éleva graduellement jusqu'à ce que l'on s'aperçût que le creuset devenait rouge. L'acide, par cette opération, fut chassé, et il ne resta plus que le bismuth réduit à l'état d'oxide. Il pesait juste 10. Le métal, par conséquent, s'était combiné, lors de son oxidation, avec $1/9$ de son poids d'oxigène. L'oxide de bismuth se compose donc de

Bismuth	9
Oxigène	1
	10

Mais comme 1 représente le poids de 1 atome d'oxigène, il est évident que 9 est le poids atomistique du bismuth, et 10 celui de son oxide.

Ce métal se combine seulement avec 1 atome oxigène, et ne forme qu'un oxide.

2. On peut obtenir le chlorure de bismuth, en mêlant dans un tube de verre du bismuth en poudre avec du sublimé corrosif, et en exposant le mélange à une température d'abord basse, que l'on porte graduellement jusqu'au terme de l'ébullition du mercure, ou un peu plus haut. Le sublimé corrosif en excès et le mercure réduit sont peu à peu volatilisés, et le chlorure de bismuth reste pur. Cette substance, ainsi préparée, est solide, d'une texture grenue, d'un blanc grisâtre, et d'un reflet soyeux. Je mis dans un tube à essai un mélange composé de 9 parties de

poudre de bismuth pur, et de 40 parties de sublimé corrosif. Ce tube, auquel était adapté un bouchon, fut abandonné pendant trois ou quatre jours sur le bain de sable : le degré de chaleur auquel on le soumit d'abord ne dépassait pas celui de l'eau bouillante; mais on porta peu à peu l'appareil dans l'endroit le plus chaud du bain de sable, jusqu'à ce que le thermomètre indiquât 300° et 350° c. de température : en un mot, on chauffa assez pour se débarrasser de tout le mercure et du sublimé corrosif qui avait échappé à la décomposition. Le poids du chlorure de bismuth était $\frac{1}{10}$ de 13,5 parties, et je crois pouvoir attribuer cette perte en poids à la volatilisation d'une petite portion de chlorure, qu'il est difficile d'éviter. Maintenant, si nous comparons cette expérience avec la précédente, il sera facile de voir que le chlorure de bismuth se compose de

1 atome chlore	4,5
1 atome bismuth.	9
	13,5

3. La composition du sulfure de bismuth confirme encore davantage le poids atomistique de ce métal déduit de son oxidation. Ce sulfure se trouve dans la nature; mais on peut aisément le former artificiellement, en faisant chauffer ensemble un mélange de bismuth et de soufre, et en ayant bien soin de maintenir la chaleur à un degré assez haut pour que le soufre en excès puisse être expulsé. Neuf parties de

bismuth pur ayant été converties en sulfure dans un tube de verre, à l'aide de ce procédé, donnèrent 11 parties de sulfure, preuve que la composition de ce dernier est

1 atome bismuth	9
1 atome soufre	2
	11

Les analyses du sulfure de bismuth, faites antérieurement par le Dr John Davy et M. Lagerhjelm, coïncident pour ainsi dire avec les résultats de cette expérience qui m'est propre.

Sa composition est, selon le Dr John Davy (1):

Bismuth	9
Soufre	2,007

et d'après M. Lagerhjelm (2):

Bismuth	9
Soufre.	2,0268

L'expérience du Dr John Davy a été conduite à peu près de la même manière que la mienne. Il employa 100 parties de bismuth; et celui dont il se servit était, je pense, du bismuth du commerce, lequel contient une petite quantité de fer : ce qui expliquerait l'excès de soufre qui s'élevait à peine au-delà de 3 pour 100. Quant à l'analyse de Lagerhjelm, elle

(1) *Philosophical Transact.*, 1812, p. 200.
(2) *Annals of philosophy*, IV, 357.

n'approche pas aussi près de la vérité que celle du Dr Davy.

4. M. Vauquelin (1), dans une suite d'expériences publiées, il y a nombre d'années, sur la quantité de soufre qui se combine avec les métaux quand ils sont chauffés ou fondus avec cette substance, prétend avoir trouvé le sulfure de bismuth composé de

Bismuth	68,25	ou	9
Soufre	31,75	ou	4,186
	100,00		

Si ce sulfure obtenu par M. Vauquelin existe (car j'ai vainement essayé de l'obtenir artificiellement), il est clair que c'est un bisulfure, contenant 2 atomes de soufre et 1 atome de bismuth.

SECTION V.

Poids de l'atome de cuivre.

Le cuivre forme deux oxides : l'*oxide rouge*, que l'on trouve dans la nature, et qui ne semble pas susceptible d'entrer en combinaison avec les acides ; et l'*oxide noir*, qui est la base de tous les sels de cuivre. Chenevix a fait voir, il y a long-temps, et des recherches ultérieures ont pleinement confirmé ses expériences, que ce dernier oxide contenait deux

(1) *Annales du Muséum d'Hist. natur.* XV, 9.

fois autant d'oxigène que le rouge : et je vais montrer que si nous choisissons 4 pour poids d'un atome de cuivre, la composition de ces deux oxides sera ainsi qu'il suit :

	CUIVRE.		OXIGÈNE.		
1 oxide rouge	8	+	1	ou 2 at. de cuivre	+ 1 at. oxig.
2. oxide noir	4	+	1	ou 2 at. cuivre	+ 1 at. oxig.

Je distinguerai donc l'oxide noir par le nom d'*oxide de cuivre*, et j'appellerai *suboxide* l'oxide rouge, indiquant par là qu'il est composé de 2 atomes cuivre et de 1 atome oxigène. En général, ces sortes de suboxides ne peuvent former des sels permanens avec les acides.

L'oxide noir de cuivre étant la base de tous les sels cuivreux, il est de la plus haute importance en chimie de connaître son véritable poids atomistique. Nous pouvons très-aisément parvenir à ce but, en nous servant du sulfate de cuivre ordinaire, parceque ce sel étant fabriqué en grand, et employé soit en médecine soit dans les arts, on peut facilement l'obtenir dans un état de pureté. Il est d'une belle couleur bleue, a une saveur cuivreuse très-désagréable, rougit les couleurs bleues végétales, et cristallise en prismes à quatre pans obliques, dont les faces sont inclinées les unes sur les autres de 124° et 56°.

1. Lorsque l'on mêle ensemble une solution de 15,625 parties de ces cristaux dans l'eau, avec une solution de 13,25 parties de chlorure de barium, il se fait une double décomposition : le sulfate de baryte

est précipité, et le liquide en suspension n'est affecté ni par le sulfate de soude ni par le muriate de baryte : d'où il résulte que 15,625 parties de ce sel en contiennent juste 5 d'acide sulfurique.

2. Si l'on précipite tout l'oxide de 15,625 parties de sulfate de cuivre, et si on a soin de le recueillir sans en perdre, il pèsera juste 5. Cette expérience est difficile à faire, parce que nous ne possédons pas de réactif susceptible de bien précipiter l'oxide de cuivre; néanmoins je suis parvenu à le faire en employant différens procédés. Si l'on précipite l'oxide de cuivre par la potasse caustique, on obtient, à peu de chose près, 5 parties, quoique je ne sois jamais parvenu à en obtenir exactement la totalité, de cette manière. En général, l'oxide de cuivre que l'on se procure ainsi pèse 4,9 ou 4,95 parties. Quand on précipite le cuivre par l'hydrogène sulfuré, ou par l'hydrosulfure d'ammoniaque, le précipité recueilli sans perte et suffisamment séché, pèse 8; et quand il est dissous dans l'eau régale et précipité par le muriate de baryte, le sulfate de baryte que l'on obtient pèse 29,5 : ce qui indique 10 parties d'acide sulfurique, équivalant à 4 parties de soufre. Conséquemment, le poids du cuivre contenu dans 15,625 parties de vitriol bleu pèse juste 4 (1). Si l'on ajoute cette quantité au précipité obtenu à l'aide de la potasse

(1) Si l'on précipite le cuivre de 15,625 parties de sulfate de cuivre, au moyen d'une lame de zinc, en ayant soin d'abord d'aciduler la solution du sel avec un peu d'acide sulfurique, pour empêcher le cuivre d'adhérer au zinc, le précipité cuivreux, s'il a été séché de manière à ce qu'il ne puisse pas absorber d'oxigène, pèsera juste 4. Cette expérience n'est pas facile à faire, par la raison que le cuivre,

caustique, il ne devra plus y avoir de doute que le vrai poids de l'oxide de cuivre, dans 15,625 parties de vitriol bleu, ne soit 5, et nous le trouverons composé de

Cuivre . . .	4	ou	1	atome
Oxigène . . .	1	ou	1	atome

3. L'autre constituant du sulfate de cuivre étant de l'eau, ce sel est évidemment composé de

1 atome acide sulfurique . .	5
1 atome oxide de fer	5
5 atomes eau	5,625
	15,625

4. Il y a un autre sulfate de cuivre, que j'ai obtenu de la manière suivante. 31,25 parties de vitriol bleu ayant été dissoutes dans l'eau, furent mises dans une cornue, et l'on mêla avec la solution 10 parties de peroxide de cuivre. La cornue fut placée sur le bain de sable, de manière à maintenir l'ébullition du liquide qu'elle contenait, pendant plusieurs heures chaque jour, en ayant soin d'ajouter de l'eau à mesure que ce liquide s'évaporait : ce qui fut continué jusqu'à l'entière disparition de l'oxide de cuivre, qui eut lieu dans un intervalle de deux mois à peu près. La liqueur perdit en même temps sa couleur bleue, et il se déposa une poudre verte : ce liquide ayant été essayé par l'ammoniaque pour s'assurer

en se desséchant, a une tendance à absorber l'oxigène. On peut cependant obtenir de cette manière une approximation à peu près exacte.

s'il contenait du cuivre, ne donna aucun signe qui indiquât la présence de ce métal. Il est donc évident que la poudre verte contenait tout l'acide et l'oxide de cuivre des 31,25 parties de vitriol bleu, plus les 10 parties d'oxide qui avaient été ajoutées. La composition de la poudre verte était donc

Acide sulfurique	10	ou	5
Oxide de cuivre	20	ou	10

Cette poudre était sans saveur, insoluble dans l'eau, et n'attaquait point les couleurs bleues végétales : il est clair que c'était un composé de 1 atome acide, et de 2 atomes oxide ou un disulfate de cuivre.

5. On obtient aisément le sulfure de cuivre en chauffant un mélange de tournure de cuivre et de soufre. Lorsque la température a atteint un certain degré d'élévation, la combinaison a lieu tout-à-coup, et le soufre, de fluide qu'il était, se solidifie tout-à-coup; ce qui explique la combustion qui a lieu, et qui a si vivement attiré l'attention des chimistes hollandais. Berzélius est le premier qui essaya de déterminer la composition de ce sulfure, avec une précision convenable. Il trouva que 10 parties de cuivre, lorsqu'elles étaient converties en sulfure, donnaient 12,56 parties (1). Or, 10 : 2,56 :: 8 : 2,048; de sorte que, d'après cette expérience, le sulfure de cuivre est composé de

Cuivre.	8
Soufre.	2,048

(1) *Afhandlingar*, III, 187.

Le cuivre du commerce, dont Berzélius se servit pour son opération, était probablement impur. Je crois en effet que ce métal contient souvent un peu de protoxide de cuivre, et toujours d'autres métaux. J'ai préparé une petite quantité de cuivre très-pur pour cet usage, et j'ai remarqué que 8 parties de ce métal en donnaient juste 10, lorsqu'elles étaient converties en sulfure, dans un tube de verre vert. Il paraît, d'après ce résultat, que ce sulfure est composé de

Cuivre	8
Soufre	2
	10

Le nombre 2 représente un atome de soufre, et 8 deux atomes de cuivre, en telle sorte que ce composé est un disulfure de cuivre.

Il paraît qu'indépendamment de ces deux sulfures de cuivre, il en existe un troisième, combiné avec le protosulfate de fer, car M. Henry Rose a trouvé que les pyrites cuivreuses sont composées de

Cuivre	34,4
Fer	30,47
Soufre.	35,87
	100,74
Silice	27
	100,01 (1)

Il est probable que l'excès de 1 pour cent se trouvait

(1) *Ann. de Chim. et de Phys.* XXV, 197.

dans le soufre. Mais en supposant le résultat exact, les nombres ci-dessus indiqués équivaudront à

Cuivre	4,000	ou	1	atome
Fer .	3,543	ou	1	atome
Soufre	4,170	ou	2	atomes

Il est évident que la pyrite cuivreuse est composée de

1 atome sulfure de cuivre	6
1 atome sulfure de fer . .	5,5
	11,5

Il y a donc trois sulfures de cuivre, savoir :

	CUIVRE.		SOUFRE.
1° un disulfure composé de	2 atom.	+	1 atom.
2° un sulfure composé de	1 at.	+	1 at.
3° un bisulfure composé de	1 at.	+	2 at.

6.° Si l'on fait dissoudre 100 parties en poids de peroxide de cuivre dans de l'acide muriatique, et que l'on ajoute 80 parties de tournure de cuivre à la solution, en agitant le tout dans une fiole bien bouchée et presque remplie du mélange, la tournure de cuivre sera sur-le-champ dissoute sans qu'il y ait dégagement d'aucun gaz, et le liquide devenu noir et opaque, contiendra une solution de sousoxide de cuivre dans l'acide muriatique. Cette expérience, que j'ai souvent répétée et dont nous sommes rede-

vables à M. Chenevix, donne la composition du protoxide de cuivre : car 120 parties d'oxide de cuivre sont composées de

Cuivre	80
Oxigène	20
	100

en telle sorte que, par l'addition de 80 parties, le cuivre dans le liquide est exactement doublé; tandis que l'oxigène, avec lequel il se combine, reste comme il était d'abord : d'où il résulte que les parties constituantes du protoxide de cuivre sont évidemment

Cuivre	160	ou	16	ou	8
Oxigène	20	ou	2	ou	1

C'est un composé de 2 atomes cuivre et de 1 atome oxigène, et 9 est le poids de son atome.

7. Le chlore et le cuivre, en se combinant en deux proportions différentes, forment deux chlorures analogues, quant à leur composition, aux deux oxides de cuivre.

On obtient facilement le perchlorure de cuivre, en faisant dissoudre le peroxide de ce métal dans l'acide muriatique, et en concentrant la couleur verte. Il se forme du permuriate de cuivre, que l'on peut obtenir en longs prismes rectangulaires à quatre pans à bases carrées. D'après une analyse faite avec soin, je trouve que ce sel est composé de

1 atome acide muriatique . .	4,625
1 atome oxide de cuivre . . .	5
2 atomes eau	2,25
	11,875

Quand on expose à une température de 190° et même 230° c. environ, ou à une température plus basse, 11,875 parties de ce sel, il y a une diminution de poids de 3,375; la couleur verte disparaît, et il reste une matière brune orangée qui pèse juste 8,5 parties. Or, les 3,375 parties de la matière chassée est de l'eau pure, comme on peut s'en assurer en faisant l'expérience dans une cornue à laquelle on a adapté un récipient. L'eau passera dans le récipient parfaitement pure, à moins que l'on ait poussé la chaleur un peu trop fort. En pareil cas, une petite quantité de chlore peut s'échapper; ce que l'on doit attribuer, je pense, à l'influence de l'air commun que contenait la cornue.

3,375 parties d'eau équivalent à 3 atomes de ce liquide : ce sel ne contenait donc que 2 atomes; l'autre atome d'eau était formé par l'union de l'atome d'oxigène dans l'oxide, et de l'atome d'hydrogène dans l'acide muriatique. Ainsi, il est clair que le sel est converti en chlorure de cuivre, dont la composition, comme on peut le voir d'après les résultats ci-indiqués, est

1 atome cuivre.	4
1 atome chlore.	4,5
	8,5

8. Ce fut Boyle qui fit connaître le protochlorure de cuivre; et il a été décrit avec détail par Prout, Chenevix, et le Dr John Davy. Je n'ai point essayé d'analyser de ce sel, parce que l'analyse qui en avait été faite antérieurement par le Dr Davy est exacte. Il lui a reconnu pour parties constituantes :

2 atomes cuivre. . . .	8
1 atome chlore	4,5
	12,5

D'après la composition des chlorures et des sulfures de cuivre, comparée à celles des oxides, il n'y a point de doute que le véritable poids atomistique de ce métal ne soit 4 (1).

(1) Il est presque inutile de faire remarquer que l'atome de cuivr rait être représenté aussi bien par 8 que par 4. L'*oxide rouge* de cuivre, dans ce cas, serait composé de

1 atome cuivre =	8
1 atome oxigène =	1
	9

et l'*oxide noir* de

1 atome cuivre =	8
2 atomes oxigène =	2
	10

Les CHLORURES seraient composés,

le protochlorure, de	1 atome cuivre =	8
	1 atome chlore =	4,5
		12,5

SECTION VI.

Poids de l'atome de mercure.

Des expériences irrécusables ont prouvé que le mercure se combine en deux proportions avec l'oxigène, et forme deux oxides, dont l'un (le protoxide) est *noir*, et l'autre (le peroxide) est *rouge*. Il est fort difficile, à cause de la volatilité du mercure et de ses

le perchlorure, de	1 atome cuivre	=	8
	2 atomes chlore	=	9
			17

et les SULFURES,

le protosulfure, de	1 atome cuivre	=	8
	1 atome soufre	=	2
			10
le bisulfure, de	1 atome cuivre	=	8
	2 atomes soufre	=	4
			12
le persulfure, de	1 atome cuivre	=	8
	4 atomes soufre	=	8
			16

Telle était l'idée que je m'étais primitivement formée de ces composés, idée que les chimistes ont généralement adoptée. Ce fut en examinant les sels de cuivre, que je fus conduit à prendre 4 pour l'expression du poids atomistique de ce métal. Car, en représentant l'atome du cuivre par 8, tous les sels de cuivre, sans exception, deviendront des bisels, ou contiendront 2 atomes d'acide unis à

composés, de déterminer rigoureusement le poids atomistique de ce métal.

1. Fourcroy a dit, il y a long-temps, que le protoxide de mercure est un composé de 100 parties de métal et 4 oxigène; mais comme ce chimiste avait pour habitude de ne point énoncer ses résultats avec une extrême précision, nous ne pouvons considérer cette détermination que comme une conjecture hasardée. Un grand nombre d'expériences faites sur les deux oxides par M. Donovan, l'ont porté à conclure que la composition du protoxide de mercure est

Mercure	100	ou	24,271
Oxigène	4,12	–	1 (1)

et celle du peroxide

Mercure	100	ou	25,575
Oxigène	7,82	–	2

Le poids atomistique du mercure, déduit de ces deux oxides, n'étant pas exactement le même, il est évident que les expériences qui ont servi à évaluer la composition de ces deux oxides ne sont pas parfaitement exactes. Si nous prenons la moyenne de ces deux nombres, nous aurons 24,923 pour poids atomistique, quantité qui diffère de moins de $\frac{1}{250}$ de 25,

1 d'oxide. Il était donc important de faire disparaître cette anomalie, qui jetait assez de confusion parmi ces sortes de sels. On y parvint en adoptant 4 pour le poids atomistique du cuivre, comme l'avaient déjà fait les Drs Wollaston et Prout.

(1) *Annals of philosophy*, XIV, 244.

poids de l'atome de mercure déduit de la composition du protoxide de mercure donnée par Fourcroy.

M. Sefstrom a fait, dans le laboratoire de Berzélius, une série d'expériences sur la composition des oxides de mercure, dont je connais seulement les résultats (1). Il trouva que les parties constituantes du protoxide de mercure étaient

Mercure	100	ou	25,063
Oxigène	3,99	ou	1

et celles de l'oxide rouge

	100	ou	25,031
	7,99	ou	2

Si nous prenons la moyenne de ces analyses, qui ne s'accordent pas exactement l'une avec l'autre, bien qu'elles approchent plus près de la vérité que celle de Donovan, nous avons 25,047 pour le poids de l'atome du mercure, quantité qui ne diffère de 25 que de $\frac{1}{500}$ à peu près.

Maintenant, comme le poids atomistique du mercure, tel qu'il est déduit des expériences de Donovan, n'est qu'un peu moins de 25, tandis que le même poids, déduit de celles de Sefstrom, excède un peu cette quantité, il paraît raisonnable de conclure, d'après de semblables résultats, que le poids d'un atome de mercure pèse juste 25.

2. Il est évident, d'après les expériences de Donovan et de Sefstrom, que la quantité d'oxigène contenue

(1) *Annals of philosophy*, III, 335.

dans le peroxide de mercure est juste double de celle du protoxide. Il est donc composé de 1 atome mercure et de 2 oxigène, et son poids est 27, si nous prenons 25 pour poids de l'atome du mercure; ce que prouvera suffisamment l'expérience suivante.

Vingt-sept parties de peroxide pur de mercure, préparées pour cette opération, ayant été mises dans une fiole de huit onces, je versai dessus autant d'acide muriatique qu'il en fallait pour en produire l'entière dissolution : la fiole (dont l'ouverture était fermée par un bouchon de charbon) fut mise ensuite sur un bain de sable, où elle resta jusqu'à ce que le liquide fût évaporé à siccité. L'appareil fut alors recouvert de sable, à peu près jusqu'à ses deux tiers; et on amena peu à peu la température à un degré de chaleur suffisamment élevé pour volatiliser le sublimé corrosif, dans lequel l'oxide rouge s'était converti jusqu'au milieu du vase. Après que l'on eut laissé la fiole se refroidir graduellement, elle fut pesée; et on eut pour poids du sublimé juste 34.

Il paraît, d'après ce résultat, que 27 parties de peroxide de mercure en forment exactement 34 de sublimé corrosif.

Pour bien comprendre cette expérience, il faut savoir que le mercure se combine avec deux proportions de chlore, et qu'il forme deux chlorures. Le protochlorure, que l'on appelle ordinairement *calomel*, est un composé de 1 atome mercure et de 1 atome chlore, tandis que le perchlorure, ou *sublimé corrosif*, se compose de 1 atome mercure et 2 atomes chlore.

Ces faits une fois connus, nous pouvons mainte-

nant analyser la conversion de vingt-sept parties de peroxide de mercure en trente-quatre parties de sublimé corrosif.

Vingt-sept parties du peroxide sont formées de

Mercure	25
Oxigène	2
	27

Lorsque l'on verse de l'acide muriatique sur vingt-sept parties de peroxide, 2 atomes acide, équivalant à 9,25, s'unissent avec l'oxide, et forment un composé qui donne 36,25, et dont les parties constituantes sont :

1 atome peroxide	27
2 atomes acide muriatique . . .	9,25
	36,25

En évaporant la solution jusqu'à siccité, l'acide et le peroxide agissent mutuellement l'un sur l'autre; l'oxigène de l'oxide se combine avec l'hydrogène de l'acide, constituant 2 atomes d'eau, qui sont expulsés par la chaleur, tandis que 2 atomes chlore se combinent avec 1 atome de mercure, et forment un perchlorure. Ainsi, par la chaleur, 36,25 parties de permuriate de mercure sont réduites en

Oxigène . . .	2	Constituant deux atomes d'eau.
Hydrogène . .	0,25	
	2,25	

Mercure . . .	25	Constituant un atome de perchlorure.
Chlore . . .	9	
	34	

Il est donc clair que 27 parties de peroxide de mercure ne pourraient donner 34 de sublimé corrosif, qu'autant que le poids atomistique du mercure serait 25, et que son peroxide se trouverait composé de 1 atome mercure et 2 atomes oxigène.

3. L'analyse du calomel par M. Chenevix est si concluante, que je crus d'abord inutile de faire des recherches à ce sujet. Cependant il peut être convenable de rapporter l'expérience suivante qui avait été faite dans une autre intention. On fit dissoudre dans l'eau une certaine quantité de protonitrate de mercure cristallisé, que je savais contenir juste 25 parties de mercure, et l'on mêla cette solution avec une autre contenant 7,5 parties de sel commun que l'on fit décrépiter. Le calomel se précipita, et quand on l'eut recueilli sur un double filtre, lavé et séché, il pesait 29,5. Le liquide qui restait ayant été examiné pour voir s'il ne contenait pas de traces de mercure ou d'acide muriatique, on n'en trouva aucune. Il est évident, d'après cette expérience, que les parties constituantes du calomel sont :

1 atome mercure	25
1 atome chlore	4,5
	29,5

4. Une analyse du cinabre, faite avec soin, montre

avec la même évidence que le poids de l'atome de mercure est 25. Il est bon de prévenir que le cinabre dont j'ai fait usage n'était pas exempt de quelques traces de silice et de peroxide de fer auxquelles je n'ai pas eu égard, afin d'éloigner, autant que possible, du résultat, ces sortes de complications.

L'acide nitrique n'a point la propriété de décomposer le cinabre, mais l'acide nitro-muriatique le dissout avec rapidité, à l'aide de la chaleur. On mît dans une cornue 29 parties de cinabre en poudre, avec quantité suffisante d'acide nitro-muriatique. La cornue ayant été ensuite placée sur un bain de sable, une effervescence assez forte commença à avoir lieu, le cinabre disparut en quelques minutes, et il resta une matière jaune, qui était douce au toucher et ductile. Quand on la recueillit, elle pesait 3,46; mais ayant été pendant quelques jours exposée à l'air, elle devint dure et friable, et son poids fut réduit à 3,2. Cette matière n'était rien autre chose que du soufre pur, brûlant avec une flamme bleue, sans laisser de résidu.

La solution nitromuriatique fut supersaturée avec le carbonate de soude, sans apparence d'aucun précipité. Elle fut en conséquence évaporée, presque jusqu'à siccité, dissoute de nouveau dans l'eau, et mêlée avec une solution de soude caustique. Le mercure ayant été précipité sous forme de flocons d'un rouge brunâtre, et ayant été recueilli avec soin et pesé, pesait à peu près 27.

Le liquide, ainsi débarrassé du mercure, fut neutralisé par l'acide nitrique. Ayant été mêlé avec le nitrate de baryte, il se fit un précipité de sulfate de

baryte, qui, lorsqu'il fut lavé, séché et chauffé jusqu'au rouge, pesait 6 grains, ce qui équivaut à 0,81 partie de soufre. Ainsi, nous avons obtenu de 29 parties de cinabre :

Peroxide de mercure	27
Soufre	4,01
	31,01

ce qui excède de 2 la quantité analysée. Cette augmentation de poids s'explique en observant que dans le cinabre, le mercure est à l'état métallique, tandis que dans l'analyse il fut obtenu à l'état de peroxide. Mais 27 parties de peroxide de ce métal équivalent à 25, lorsqu'il est à l'état métallique; d'où il résulte que la composition du cinabre est :

Mercure	25
Soufre	4,01
	29,01

Le 0,01 en excès provient sans doute d'une erreur dans l'analyse ; erreur qu'il me fut impossible d'éviter, malgré tout le soin que je mis à faire cette opération. Cette analyse me paraît néanmoins pouvoir prouver que le cinabre est composé de

1 atome mercure	25
2 atomes soufre	4
	29

ce qui montre que le poids de l'atome de mercure est 25.

Parmi le grand nombre d'expériences que j'ai faites sur ce métal délicat à manier, je donne la préférence à celles rapportées dans cette section; et je suis bien convaincu que les poids atomistiques du mercure et de ses composés sont tels que je les ai indiqués ici.

	POIDS DE L'ATOME.	MERCURE.		OXIGÈNE.
Mercure . .	25			
Protoxide . .	26	1 atome	+	1 atome
Peroxide . .	27	1	+	2 atom.
				CHLORE.
Protochlorure	29,5	1	+	1 atome
Perchlorure .	34	1	+	2 atom.
				IODE.
Protiodure .	40,5	1	+	1 atome
Periodure .	56	1	+	2 atom.

Je crois en outre nécessaire de dire que je n'ai point cherché à analyser les iodures de ce métal.

SECTION VII.

Poids de l'atome d'argent.

1. Nous avons déjà fait connaître, page 97 de ce volume, une expérience d'où l'on peut déduire le poids atomistique de l'argent, et d'après laquelle on voit que quand on mêle deux solutions, l'une de 21,5

parties de nitrate d'argent, et l'autre de 7,5 parties de sel ordinaire décrépité, il se produit un précipité floconneux : le liquide restant n'est altéré ni par le nitrate d'argent, ni par le sel commun. Cette expérience prouve, d'une manière évidente, que l'argent dans 21,5 de nitrate de ce métal, et le chlore dans 7,5 parties de chlorure de sodium, se saturent juste l'un et l'autre.

Maintenant 7,5 parties de chlorure de sodium contiennent juste 4,5 de chlore; et en faisant chauffer jusqu'au rouge 21,5 parties de nitrate d'argent, il y aura décomposition du sel; l'acide sera chassé, et l'oxide sera réduit à 13,75, ou au moins à très-peu de chose près. Il est clair, d'après un semblable résultat, que la composition du chlorure d'argent formé par la mutuelle décomposition de 21,5 de nitrate d'argent et de 7,5 de chlorure de sodium, sera :

Argent	13,75
Ghlore	4,5
	18,25

D'après cela, si, après avoir recueilli tout le précipité et l'avoir bien lavé, on l'expose à une température suffisamment élevée pour le fondre, il pèsera juste 18,25.

Or, comme 4,5 est le poids d'un atome de chlore, et que le chlore est neutre, il est clair que 13,75 doit représenter le poids atomistique de l'argent.

Nous possédons diverses analyses du chlorure d'argent, faites antérieurement par plusieurs chimistes,

et parmi ces analyses, il en est plusieurs que nous croyons mériter d'être rapportées.

Le chlorure d'argent, d'après le Dr Marcet (1), est composé de

Chlorure	4,5
Argent	13,844

Suivant M. Gay-Lussac, ses parties constituantes sont :

Chlore	4,5
Argent	13,683

selon Berzélius (2), il est formé de

Chlore	4,5
Argent	13,758

Le résultat de Berzélius ne diffère du mien que de $\frac{1}{1719}$, quantité si petite, que l'on peut impunément la négliger dans presque tous les cas d'analyse chimique. J'ai vraiment honte d'avouer le grand nombre de fois que j'ai répété cette expérience avant de pouvoir obtenir ce que j'appelle une parfaite exactitude. Je commençai par employer la pierre infernale, sans pouvoir jamais atteindre le but que je me proposais. Je préparai ensuite du nitrate d'argent dans

(1) *Annals of Philosophy*, XII, 347.

(2) *Afhandlingar*, III, 192.

des vases de platine, et je remarquai que ce sel était anhydre, et que 7,5 parties de chlorure de sodium en précipitait juste 21,5. Mais le poids du chlorure ne correspondait pas à celui obtenu par le calcul. Après plusieurs essais entrepris pour découvrir la cause de cette différence (car il y avait toujours un léger déficit de chlorure), je commençai à croire que l'eau distillée dont je me servais pour mon opération pouvait peut-être contenir de l'ammoniaque en assez grande quantité pour dissoudre une petite portion de chlorure et occasioner ainsi un déficit dont on s'apercevait, à cause de la grande quantité de ce liquide qui avait servi à le laver. Ceci m'engagèa à aciduler l'eau avec quelques gouttes d'acide nitrique, pour faire l'expérience suivante. Après cette addition je trouvai que le poids de chlorure d'argent (autant qu'il m'a été possible de le peser) était juste de 18,25. J'attribue le léger excès de chlorure dans l'expérience de Berzélius, qui se montait à 0,008 partie, et l'excès plus grand de celle de Marcet, qui allait à 0,094, à la présence d'un peu de muriate qui se trouvait accidentellement dans le filtre employé par ces chimistes. Le même effet ne put avoir lieu dans mes différentes opérations, parce que j'eus soin de n'employer que la quantité de nitrate d'argent qui pouvait être décomposée par 7,5 parties de sel commun. De là le chlorure que j'obtins a toujours été en moins, et plus d'une fois j'ai abandonné l'expérience comme désespérée, avant d'avoir l'idée d'aciduler l'eau avec l'acide nitrique.

2. L'expérience que nous venons de rapporter

nous donne, non-seulement le poids atomistique de l'argent, mais encore elle nous aide à déterminer celui de l'oxide de ce métal. Elle prouve en effet, à n'en point douter, que le nitrate d'argent est anhydre, et que 21,5 parties de cette substance contiennent juste 13,75 d'argent. Or, comme le sel est neutre, et que 13,75 équivaut à 1 atome d'argent, il est clair que 21,5 de ce sel doit contenir 1 atome acide nitrique, et que la différence entre 21,5 et 20,5 (c'est-à-dire 13,75 + 6,75) doit être la quantité d'oxigène avec laquelle s'unit l'argent. D'après ces résultats, la composition du nitrate d'argent est

1 atome oxide d'argent	de 1 at. d'arg.	13,75	14,75
	de 1 at. oxig.	1	
1 atome acide nitrique	. . . .		6,75
			21,5

Il est clair que l'oxide d'argent est formé de 1 atome argent + 1 atome oxigène, et que 14,75 est son poids atomistique.

3. Si l'on fait dissoudre de l'oxide d'argent dans l'ammoniaque, et si on laisse la solution exposée à l'air, on verra se former à sa surface une pellicule d'un noir brillant. M. Faraday est le premier qui ait examiné cette substance, et d'après ses expériences, il paraît qu'elle contient deux tiers de l'oxigène qui se trouve dans l'oxide ordinaire d'argent. Les divers essais auxquels je soumis cette pellicule, quelque temps après la publication des observations de

M. Faraday, n'ont pas été faits assez en grand. Je n'ai cherché qu'à vérifier les résultats obtenus par ce chimiste, et dans les expériences que j'ai tentées, mes résultats sont conformes aux siens. Cet oxide, qui ne paraît pas former de sel distinct avec les acides, et auquel on peut donner le nom de suboxide, semble être composé de

1 ½ atome argent	=	20,625
1 atome oxigène	=	1
		21,625

4. Le sulfure d'argent nous fournit une nouvelle preuve que le poids atomistique de ce métal est 13,75. Ce sulfure, qui se présente sous la forme d'une masse de couleur noire, est assez ductile, et tout-à-fait *sectile*. On peut l'obtenir en mettant alternativement, dans un creuset couvert, des couches d'argent et de soufre, et en faisant chauffer le mélange, jusqu'à ce que le soufre en excès soit volatilisé. Deux expériences ont été faites par Berzélius dans ce but (1). Dans la première, 2,605 parties d'argent devinrent 2,993 parties de sulfure; ce qui nous donne pour composition du sulfure :

Argent	2,605	ou	13,75
Soufre	0,388	ou	2,048

Dans la deuxième expérience, 10 parties d'argent

(1) *Ann. de Chim.*, LXXIX, 131.

furent converties en 11,49 de sulfure, dont la composition était

Argent	10	ou	13,75
Soufre	1,49	ou	2,0487

Les résultats de ces expériences sont, à peu de chose près, les mêmes. Cependant je suis convaincu que la quantité de soufre est un peu plus forte qu'elle ne devrait être, et il est difficile de dire pour quelle raison.

M. Vauquelin (1), qui obtint le sulfure d'argent en opérant de cette manière, a trouvé qu'il était formé de

Argent	100	ou	13,75
Soufre	14,59	ou	2,0061.

Le soufre, dans cette opération, n'excède que de ⅙ la quantité de celui qui se trouvait dans le sulfure préparé par Berzélius.

Klaproth, en 1793, époque à laquelle on n'apportait pas dans les analyses chimiques l'attention la plus scrupuleuse, analysa le sulfure d'argent natif. De 100 parties de sulfure, il obtint 112 parties de chlorure d'argent, équivalant à 84,383 parties d'argent, ainsi qu'une partie ¼ de sulfate d'argent, équivalant à 1,044 partie de ce métal (2). Il résulte de cette analyse que la composition du sulfure d'argent est

(1) *Ann. du Mus. d'Hist. Nat.*, XVII, 16.

(2) *Beitrage*, I, 162.

Argent	85,427	ou	13,75
Soufre	14,573	ou	2,3459
	100,000		

Ce résultat est loin d'approcher aussi près de la vérité que les expériences synthétiques de Berzélius et de Vauquelin.

Lorsque je répétai ces opérations, je m'aperçus qu'il était plus difficile que je ne le croyais de se procurer de l'argent parfaitement pur. Je remarquai en effet que celui que j'avais réduit du chlorure bien lavé, contenait encore du cuivre. La dernière méthode à laquelle je m'arrêtai, fut de conserver du nitrate d'argent pendant un certain temps dans un état de fusion, lequel fut ensuite dissous dans l'eau et précipité par le muriate de soude ordinaire. On mit pendant quelque temps le précipité digérer dans de l'eau acidulée avec l'acide nitrique; on le plaça ensuite sur un filtre, et on le lava bien avec de l'eau distillée. L'argent, réduit de ce chlorure, et chauffé avec le soufre, donna un sulfure dont la composition s'éloignait peu des proportions indiquées par la théorie. Autant qu'il me fut possible d'évaluer le poids du sulfure produit par 13,75 parties d'argent, il montait à 15,75, et certainement il n'allait pas jusqu'à 15,76. Il n'est donc pas douteux que le sulfure d'argent ne soit composé de

1 atome argent	=	13,75
1 atome soufre	=	2
		15,75

5. J'ai aussi analysé le sulfate d'argent, qui, relativement à ses parties constituantes, m'a donné pour poids atomistique de l'oxide les mêmes nombres que j'avais obtenus du nitrate. Le sulfate d'argent est anhydre, et ses constituans sont :

Acide sulfurique	5
Oxide d'argent	14,75
	19,75

D'après cela, il paraît certain que les poids atomistiques de l'argent, de son oxide et de son chlorure, ont été convenablement indiqués. Je n'ai point examiné l'iodure de ce métal; mais tout porte à croire qu'il est composé de

1 atome iode	15,5
1 atome argent	13,75
	29,25

CHAPITRE XII.

DES POIDS DES ATOMES D'OR, DE PLATINE, DE PALLADIUM, DE RHODIUM, ET D'IRIDIUM.

Ces cinq métaux présentent plusieurs caractères particuliers. 1° un réduit facilement leurs oxides à l'état métallique en les exposant à une chaleur rouge. 2° Ils ont une faible tendance à se combiner avec les acides et à former des sels; aussi connaissons-nous très-peu de composés salins dans lesquels entrent ces oxides, à l'exception cependant de certains composés triples, à l'aide desquels je crois être parvenu à déterminer, avec assez de précision, les poids atomistiques de ces métaux.

SECTION Ire.

Poids de l'atome d'or.

Tout le monde sait depuis long-temps que l'or se dissout facilement dans l'eau régale (*aqua regia*); que cette même solution est d'une couleur jaune et d'une saveur astringente très-âcre; et que quand elle est suffisamment concentrée, elle forme de beaux cristaux prismatiques. Ces cristaux sont tellement déliquescens, qu'il m'a été impossible d'en faire l'analyse, même avec quelque apparence de précision.

Mais il existe un sel triple d'or, dont nous devons la connaissance à la tentative que fit M. Chrestien, pour introduire, ou plutôt pour remettre au jour l'emploi de l'or en médecine. Trouvant que le muriate d'or était trop déliquescent pour un pareil usage, ce médecin eut l'idée d'ajouter une petite quantité de sel commun à la solution muriatique, et de faire évaporer ensuite jusqu'à siccité. La masse ainsi obtenue étant sans déliquescence, MM. Figuier et Bérard examinèrent le mélange, et après avoir reconnu le sel d'or dont nous parlons, ils décrivirent ses propriétés, et même le soumirent à l'analyse (1). Mais comme les résultats de leurs opérations ne semblent point parfaitement exacts, il vaut mieux, je pense, passer de suite aux expériences que j'ai faites à ce sujet, et dont le but était de découvrir le poids atomistique de l'or.

1. Je me servis, pour mes opérations, d'acide muriatique très-pur, que j'avais préparé moi-même, et qui était composé de 40 parties d'acide pur et de 60 parties d'eau; et je remarquai que pour dissoudre 300 parties d'or, il fallait employer plus de 277,5 parties de cet acide. Or, le poids atomistique de l'acide muriatique est 4,625, et 277,5 parties de l'acide employé consistaient en

Acide réel	111
Eau	166,5
	277,5

(1) *Jour. de Pharmacie*, VI, 64.

Mais 111 parties d'acide muriatique représentent 24 atomes; car $4,625 + 24 = 111$. On verra, d'après les faits que nous rapporterons dans cette section, que le poids de l'atome de l'or est 25, et $300 = 25 \times 12$. En telle sorte que 300 parties équivalent à 12 atomes d'or.

Ces résultats semblent indiquer qu'il faut employer au moins 24 atomes d'acide muriatique pour opérer la dissolution de 12 atomes d'or. Aussi ai-je regardé comme probable, d'après cette expérience préliminaire, que le muriate d'or se compose de 2 atomes d'acide muriatique pour chaque atome d'or.

2. On ajouta à la solution de 300 parties d'or dans l'acide muriatique, rendue d'avance aussi neutre que possible, 90 parties de sel commun décrépité préalablement dissous dans l'eau. En faisant évaporer cette solution, elle cristallisa très-promptement, et j'obtins, jusqu'à la dernière goutte, de beaux cristaux de triple sel d'or. Il ne se sépara aucun cristal de sel commun, et même aucunes des dernières portions n'eurent de la tendance à devenir déliquescentes. On voit, d'après cette expérience, que je répétai plusieurs fois, que le triple sel est composé de 90 parties de sel commun, et de la quantité de muriate d'or que peuvent fournir 300 parties de ce métal.

Mais une particule intégrante de chlorure de sodium pèse 7,5, et $7,5 \times 12 = 90$. Il est évident, d'après cela, que 90 parties de sel commun décrépité remplacent 12 atomes de chlorure de sodium. L'on a dit en effet plus haut que 300 parties d'or représentent 12 atomes de ce métal. Il résulte donc de

cette expérience que ce triple sel contient juste autant d'atomes de sel commun que d'atomes d'or.

3. Les cristaux du sel triple d'or présentent des prismes à quatre faces. Ce sel est d'une belle couleur orangée, et n'est en aucune manière altéré par son exposition à l'air. La description que M. Figuier a donnée de ses propriétés est en général exacte.

Je passerai sous silence une multitude d'expériences infructueuses que je fis pour déterminer les proportions de ses parties constituantes, et je me bornerai à décrire le mode d'opération qui m'a enfin réussi. Dans une petite cornue de verre vert pesée d'avance, et sur laquelle on avait inscrit son poids avec un diamant, je mis 50,5 parties du sel triple dont nous parlons, parfaitement desséché, mais conservant cependant toute son eau de cristallisation. La cornue fut placé dans un fourneau à réverbère, et maintenue pendant deux heures à une chaleur parfaitement rouge, tandis que son bec plongeait dans un bassin au-dessus duquel était suspendue une cloche de verre renversée, remplie d'une solution de 55 parties de nitrate d'argent, dans l'eau distillée. Le sel se fondit, entra en ébullition, et peu à peu perdit son eau de cristallisation. Dès qu'il fut sec, il se dégagea très-rapidement, d'abord du gaz chlore, dont la quantité diminua ensuite graduellement à mesure que l'on continua de chauffer. Ce gaz fut absorbé par la solution de nitrate d'argent, et il en résulta un précipité de chlorure d'argent.

Cette expérience présente deux difficultés qu'il ne m'a été possible d'éviter qu'avec un peu d'habitude : la première est la tendance du liquide pour pénétrer

dans la cornue chauffée jusqu'au rouge, à cause de l'absorption du gaz chlore : inconvénient auquel je remédiai en trouvant un moyen pour laisser entrer l'air extérieur dans la cornue, lorsque l'absorption menacerait de la briser. L'autre difficulté consiste à savoir employer le degré de chaleur convenable pour réduire complétement l'or à l'état métallique. Ce triple sel, qui diffère tout-à-fait du muriate d'or, est susceptible de supporter impunément un premier degré de chaleur rouge; et ce ne fut qu'après deux ou trois tentatives inutiles, que je m'aperçus de la nécessité de pousser le feu autant que le verre pourrait le supporter sans fondre, ce qui était réellement une chaleur rouge, et de l'y maintenir au moins pendant deux heures.

Trois expériences, qui ont toutes réussi, furent faites dans des intentions différentes. La première était pour déterminer la quantité d'or contenue dans 50,5 parties de ce triple sel. La seconde avait pour but de recueillir, laver, sécher, fondre et peser le chlorure d'argent provenant de la combinaison du chlore avec ce métal. Enfin, dans la troisième, je me proposai d'évaluer à l'aide de la distillation, dans un petit récipient, la quantité d'eau de cristallisation. Ici je ne cherchai point à atteindre une précision extrême, mais seulement un résultat approximatif, suffisant pour juger de combien la quantité d'eau déduite des deux autres expériences s'accorderait avec cette dernière analyse. Je vais donc faire connaître le résultat auquel j'ai été conduit.

La perte en poids que le sel éprouva donna 18, dont la moitié était du chlore déterminé par la for-

mation du chlorure d'argent; ce chlorure pesait dans deux expériences différentes 36; ce qui indiquait 8,87 de chlore. Le peu de chlore qui restait dans la cornue fut évalué à 0,13, quantité qui, jointe à la précédente, forme 9; ces deux quantités réunies donnant 9, les autres 9 parties en perte étaient de l'eau. J'en obtins 7 par le procédé que j'ai décrit plus haut; et en faisant passer un courant d'air, d'abord dans la cornue, puis au travers d'une solution de nitrate d'argent, je fus convaincu que le poids du gaz chlore restant ne dépassait pas 0,13. Il est donc bien certain que toutes les 9 parties étaient de l'eau pure. Il restait dans la cornue 25 parties d'or. Nous voyons, d'après le deuxième paragraphe, que la vraie proportion de chlorure de sodium était 7,5 : en général, la quantité réellement obtenue ne dépassait pas 7,4. Il est probable que le 0,1 qui manquait s'échappa avec l'eau; ce que l'on peut attribuer à la rapidité avec laquelle on poussa le feu, ou à quelque autre circonstance qu'il me fut impossible d'apprécier. Je cherchai à découvrir la cause de cette perte dans l'eau; mais les preuves n'étaient pas assez évidentes pour qu'il me fût possible de prononcer d'une manière positive à cet égard.

Il paraît, d'après l'analyse précédente, que 50,5 parties de sel triple d'or sont composées de

Or	25
Chlorure de sodium . .	7,5
Chlore	9
Eau	9
	50,5

Maintenant il est évident que 7,5 représente une partie intégrante de sel commun, 9, deux atomes de chlore, et 9, huit particules intégrantes d'eau. Ce sel est neutre, et comme ses composans sont en proportions atomistiques, il doit en être ainsi de l'or. Conséquemment le poids de l'atome de ce métal est 25. Il est clair que les parties constituantes de ce sel sont :

1 atome bichlorure d'or . . .	34
1 atome chlorure de sodium . .	7,5
8 atomes d'eau	9
	50,5 (1)

Nous manquons de données suffisantes pour déterminer si, dans ce sel, l'or et le sodium existent à l'état métallique, ou bien à l'état d'oxide, à moins de re-

(1) M. Figuier a publié encore plus récemment les résultats d'une nouvelle analyse de ce sel; résultats qui s'éloignent peu de ceux que j'ai donnés dans cet ouvrage. Il est très-probable que ces légères différences sont dues à la diversité de mes données, d'après lesquelles M. Figuier a fait ses calculs. Il l'a trouvé composé de

Bichlorure d'or	34,99
Chlorure de sodium	7,13
Eau	8,38
	50,50 *

Le chlorure de potassium forme aussi un sel triple avec la solution d'or. Il cristallise en prismes, et n'est point altéré lorsqu'on l'expose

* *Ann. de Chim. et de phys.*, XIX, 177.

garder la présence de l'état de cristallisation comme une preuve de la vérité de cette dernière supposition. Si ces métaux sont à l'état d'oxide, il en résulte que le peroxide d'or que le sel doit contenir se compose, non de 3 atomes oxigène et de 1 atome or, ainsi que Berzélius le suppose, mais de deux atomes oxigène et de 1 atome or; car on ne peut se rendre compte des résultats de l'analyse par aucune autre supposition. Il ne s'est dégagé de ce sel aucun acide muriatique, mais seulement du chlore. Quand les métaux sont à l'état d'oxide, voici quelle est leur composition.

2 atomes acide muriatique	=	9,25	36,25
1 atome peroxide d'or	=	27,00	
1 atome acide muriatique	=	4,625	8,625
1 atome soude	=	4,000	
5 atomes eau	. . . .		5,625
			50,5

La grande difficulté que l'on éprouve pour décomposer ce sel à l'aide de la chaleur, nous porte à supposer, quelque paradoxal que cela puisse paraître d'ailleurs, que l'or est, dans ce sel, à l'état de bichlo-

à l'air, et ressemble extraordinairement au sel que nous avons décrit plus haut. Il a été analysé par M. Javal, qui lui a trouvé pour constituans :

Chlorure d'or	68,64
Chlorure de potasse	24,26
Eau	7,10
	100,00

Il est probablement formé de

SECTION II.

Poids de l'atome de platine.

Personne n'ignore que le platine se dissout avec effervescence dans l'acide nitromuriatique. La solution est d'une couleur brune foncée; elle est astringente et corrosive. Concentrée par évaporation, cette solution ne cristallise pas, mais elle laisse une matière brune et sale, qu'il est difficile d'analyser avec exactitude. On peut aisément former des triples sels de la solution nitromuriatique de platine, par l'addition des muriates de potasse, de soude ou d'ammoniaque tenus en dissolution. Les triples sels que l'on obtient à l'aide des muriates de potasse et d'ammoniaque, sont des poudres insolubles, d'une belle couleur jaune. Le triple sel provenant du muriate de soude est soluble et cristallise en beaux prismes rhomboïdaux. Ces sels fournissent un moyen de déterminer le poids de l'atome de platine, moyen auquel j'eus recours après avoir fait un petit nombre d'essais infructueux avec le muriate de platine.

1. Le triple muriate de platine et de potasse est une poudre jaune, insoluble, sans saveur, qui, lorsqu'elle est convenablement séchée, ne contient pas d'eau de cristallisation. Voici de quelle manière j'ai analysé ce sel après avoir fait une foule d'essais préliminaires, dans le détail desquels il est inutile d'entrer, puisqu'ils n'avaient d'autre but que de me faire découvrir le mode d'expérience auquel je devais

plus particulièrement avoir recours. Je mis 30,5 parties de ce sel dans un creuset de platine, que l'on chauffa lentement et avec précaution, de manière à ce qu'il devînt rouge. En opérant ainsi, le platine fut réduit à l'état métallique, et la perte en poids fut 9; ce qui était dû au dégagement du chlore sous forme de gaz. Si le sel a été trop chauffé (ce qui arriva dans quelques-uns de mes premiers essais), la perte dépassera 9; mais lorsqu'il en est ainsi, on trouve le poids du chlorure de potassium qui reste mêlé avec le platine, autant au-dessous de 9,5 parties, que la perte dépasse elle-même le nombre 9 : ce qui explique la perte excessive qui est due à la volatilisation d'une partie de ce sel.

La matière restante dans le creuset, quand on eut chauffé convenablement, pesait 21,5. On versa de l'eau dessus à plusieurs reprises, et l'on fit digérer pendant quelque temps pour dissoudre complétement tout le chlorure de potassium. Le platine étant alors séché, fut pesé, et l'on trouva que son poids donnait juste 12. Donc le poids de chlorure de potassium était 9,5. Il paraît, d'après cette analyse, que ce triple sel est composé de

Platine	12
Chlore	9
Chlorure de potassium . . .	9,5
	30,5

Mais le sel est neutre; 9 indique le poids de deux atomes de chlorure; et 9,5, une particule intégrante de chlorure de potassium. 12 doit donc être ou le

poids d'un atome de platine, ou au moins son multiple. On verra, d'après les expériences que je vais rapporter, que 12 représente le poids atomistique du platine. Nous trouvons que dans le sel, 1 atome de platine, en se combinant avec 2 atomes de chlore, forment un bichlorure. Les parties constituantes du triple sel sont évidemment

1 atome bichlorure de platine	=	21
1 atome chlorure de potassium	=	9,5
		30,5

et le poids atomistique d'une particule intégrante du sel est 30,5.

L'analyse de cette poudre, publiée par Berzélius, diffère peu de la mienne. Il lui a trouvé pour constituans :

Platine	40	ou	12,2
Chlore . . . . . . :	29,2	ou	8,906
Chlorure de potassium .	30,8	ou	9,394
	100		30,5

Le poids de l'atome du sel est le même que celui déduit de mes propres expériences; mais, connaissant seulement les résultats de Berzélius, et ne sachant pas comment il les a obtenus, je ne puis indiquer la cause à laquelle il faut attribuer la différence entre les proportions de l'ingrédient, en comparant son analyse avec la mienne. Il est très-probable qu'elle provient, en grande partie, de la différence des données sur lesquelles reposent ses calculs.

Cependant, malgré ces légères anomalies, l'analyse de ce chimiste devient un indice très-important de l'exactitude probable à laquelle je suis parvenu.

2. Jusqu'à présent je n'ai trouvé dans aucun ouvrage de chimie la description du triple muriate de platine et de potasse, bien que ce sel ait été fréquemment préparé par les chimistes praticiens : il nous importe donc, avant de nous occuper de son analyse, de faire connaître ses principales propriétés.

Ce sel est d'une belle couleur rouge orangée; il cristallise en prismes à quatre pans, plats et très-obliques. Il est sans odeur, sa saveur est fraîche, amère et désagréable. Sa pesanteur spécifique est 1,980. A la température de 17° c., 100 parties d'eau dissolvent 107,2 parties de ce sel en cristaux. Il est également soluble dans l'alcool. Voici de quelle manière j'en ai fait l'analyse.

37,5 parties des cristaux de ce sel ayant été chauffées avec précaution sur un bain de sable, pendant environ une heure, parurent avoir perdu 9 parties environ de leur poids. Quelquefois, quand la chaleur était trop basse, la perte en poids n'allait pas à 9, et dans d'autres circonstances, lorsqu'elle était trop élevée, elle dépassait ce nombre. Le sel, ainsi privé de son eau de cristallisation, fut chauffé jusqu'au rouge dans un creuset de platine, et l'on continua d'entretenir la chaleur jusqu'à ce que le platine dans le creuset fût réduit à l'état métallique. La perte additionnelle en poids qui avait eu lieu allait à 9, et on pouvait l'attribuer au dégagement du chlore. On fit digérer dans de l'eau distillée la ma-

tière restante dans le creuset, jusqu'à parfaite dissolution de tout ce qui était soluble. Le platine restant alors dans un état de pureté, pesait 12 après avoir été séché. Par conséquent le poids du chlorure de sodium enlevé par l'eau distillée, était juste de 7,5. Il résulte de cette analyse que le triple muriate de platine et de soude se compose de

Platine	12
Chlore	9
Chlorure de sodium . .	7,5
Eau	9
	37,5

Je remarquai que dans une portion du sel que j'examinais, la quantité d'eau, au lieu d'être 9, montait seulement à 8,31 ; ce qui n'indiquerait que 7 atomes ⅓ d'eau, au lieu de 8. Je ne puis expliquer la cause de cette différence. Peut-être le sel avait-il été privé accidentellement d'une portion de son eau.

Les parties constituantes de ce sel nous donnent 12 pour le poids atomistique du platine, comme celui du sel précédent. Nous pouvons donc le considérer ou comme étant composé de

1 atome bichlorure de platine	=	21
1 atome chlorure de sodium	=	7,5
8 atomes eau	=	9
		37,5

ou comme étant formé, lorsqu'il est en cristaux, de

1 atome bipermuriate de platine	=	23,25
1 atome muriate de soude	=	8,625
5 atomes eau	=	5,625
		37,5

Les parties constituantes sont les mêmes, quelle que soit la supposition que nous adoptions : la seule différence se trouve dans leur mode de distribution. Si le sel est un permuriate, 3 atomes d'eau sont employés pour convertir le platine et le sodium en oxides, et les 3 atomes de chlorure, en acide muriátique.

3. On obtient l'ammonio-muriate de platine à l'aide d'un mélange de sel ammoniac et d'une solution concentrée de muriate de platine. Ce sel est soluble dans l'eau, quoique très-faiblement, et il cristallise en petits grains qui sont presque octaèdres. Sa couleur est d'un beau jaune, et il ne contient pas d'eau. Voici cependant quelle est sa composition.

2 atomes chlore . . .	9	21
1 atome platine . . .	12	
1 atome sel ammoniac		6,75
		27,75

Les analyses précédentes suffisent pour montrer que 12 est ou le poids atomistique du platine, ou qu'il est multiple de ce poids. Il nous manque encore un composé de platine pour pouvoir décider

laquelle de ces deux suppositions est vraie : cependant, après plusieurs essais infructueux, j'ai trouvé que le sulfate de platine pourrait me servir à résoudre ce problème.

4. Pour me procurer une certaine quantité de sulfate, j'eus recours au procédé indiqué par M. Edmond Davy. 19 parties de ce sulfate furent mises dans une petite cornue de verre vert, et exposées à une chaleur rouge, jusqu'à ce que le platine fût réduit à l'état métallique. Il pesait juste 12. On répéta plusieurs fois cette expérience, pour rassembler le gaz oxigène qui s'était dégagé par la réduction du platine, et pour déterminer la quantité d'acide sulfurique qui s'était séparée : car ces deux produits n'auraient pu être convenablement rassemblés en même temps. La quantité de gaz dégagée était un peu moins de 3 pouces cubes (49 cent. cub.), et conséquemment très-près de 2. L'acide sulfurique était un peu moins de 5, parce qu'il s'était échappé un peu d'acide sulfureux, qu'il m'a paru difficile d'obtenir sans quelque perte. Il est assez évident, d'après ces expériences, que le sulfate de platine a pour parties constituantes :

Platine	12
Oxigène	2
Acide sulfurique	5
	19

Maintenant le sel étant neutre, et 5 l'équivalent d'un atome d'acide sulfurique, il en résulte que 12 indique un atome de platine. 2 représentant deux ato-

mes d'oxigène, il est clair que l'oxide de platine dans le sulfate, qui est le peroxide, est un composé de 1 atome platine et 2 atomes oxigène; conséquemment son poids atomistique est 14.

Connaissant le poids de l'atome de platine qui a été déduit de ce sel, nous pouvons prononcer que les triples chlorures de platine et de potasse, de platine et de soude, contiennent 1 atome de platine uni à 2 atomes de chlorure.

M. Edmond Davy analysa, il y a déjà plusieurs années, le sulfate de platine, et les résultats qu'il a obtenus, bien qu'ils ne soient pas parfaitement exacts, peuvent être regardés comme approchant assez près de la vérité. Ce fut son analyse qui me suggéra le mode d'expérimentation que j'avais à suivre; et comme il différait peu du sien, j'ai pensé qu'il était inutile de la décrire avec détails. Voici quels sont les résultats obtenus par M. E. Davy (1).

Platine	12,4697
Oxigène	1,5352
Acide sulfurique	4,9951
	19,0000.

Le poids d'une particule intégrante du sel déduit de cette analyse, est le même que le mien, c'est-à-dire 19. La proportion d'acide sulfurique est à peu près exacte : mais celle du platine est trop forte, et l'oxigène est dans des proportions plus faibles, si

(1) *Phil. Mag.*, XL, 354.

tout le métal n'avait pas été complétement réduit à l'état métallique.

5. J'essayai de préparer une certaine quantité de peroxide de platine, par le procédé indiqué par Berzélius. Trouvant qu'il contenait et de l'acide muriatique et un alcali, je le réduisis en une poudre fine, que je fis bouillir, pendant une semaine, dans un vase presque rempli d'eau distillée. Après en avoir agi ainsi, ce peroxide contenait une si petite quantité de sel, que je suis tenté de croire que ma poudre avait presque les caractères du peroxide pur de platine. Ce peroxide était d'un brun noirâtre, sans saveur, insoluble dans les acides nitrique, sulfurique, oxalique et acétique; mais se dissolvant, quoique lentement, et non sans un degré assez considérable d'ébullition, dans les acides muriatique et sulfurique. Je ne cherchai pas à en faire l'analyse, 1° parce qu'il n'était pas absolument pur; 2° parce que je doutais qu'il fût parfaitement anhydre.

6. Pensant que l'amalgame de platine pouvait probablement jeter quelque lumière sur le poids atomistique de ce métal, j'en préparai une certaine quantité en triturant, dans un mortier, du platine en poudre et du mercure. Je commençai par un petit nombre de grains de chaque; et j'ajoutai quelques portions des deux métaux à mesure que l'amalgame se formait. Ce dernier, à l'état fluide, fut placé dans un sac de peau, que l'on soumit à une forte pression, afin de pouvoir expulser tout le mercure qui ne s'était pas combiné. J'obtins un amalgame solide, cassant, ayant la couleur du mercure, d'une texture granuleuse, et d'une consistance solide. 61 parties

de cet amalgame furent exposées à une chaleur d'abord modérée, mais qu'on éleva graduellement autant que possible dans un fourneau à vent, en la maintenant pendant une demi-heure. La perte en poids fut 24,9; et il resta 36,1 parties de platine pur, en apparence. Or, le nombre 24,9 est très-près de 25, qui indique le poids de l'atome du mercure; et 36,1 est aussi très-près de 36, ou de 3 atomes de platine. Il est évident, d'après ces résultats, que l'amalgame dont nous parlons était composé de

3 atomes platine	36
1 atome mercure	25
	61

Pensant qu'en laissant cristalliser l'amalgame fluide de platine j'obtiendrais probablement un composé de deux métaux, dans une proportion différente, je plaçai une quantité donnée de cet amalgame sur un plan incliné; et quand il fut devenu solide, par l'écoulement du mercure surabondant, j'en fis ensuite l'analyse de la manière dont je viens de la décrire, et je trouvai qu'il était composé de

Platine	12
Mercure	35,3

Il est évident que les cristaux avaient retenu une portion du mercure qui se trouvait accidentellement logé entre leurs particules. Ces cristaux ressemblaient en effet à ceux obtenus d'un sel produit par des eaux mères avant leur dessiccation. Je pense

néanmoins, d'après cette expérience, qu'il se pourrait bien que les cristaux de l'amalgame de mercure, si l'on pouvait les obtenir à l'état de pureté, fussent composés de

1 atome platine	12
1 atome mercure	25
	37

7. Les expériences précédentes semblent prouver, à n'en point douter, que l'atome de platine pèse 12, et qu'il forme deux oxides, dont un, le peroxide, a déjà été obtenu séparément. Le poids atomistique du peroxide est 14. Le protoxide doit être un composé de 1 atome platine, et de 1 atome oxigène; et son poids atomistique doit être 13.

SECTION II.

Poids de l'atome de rhodium.

Le soda-muriate de rhodium est un sel triple, dont la découverte est due à Wollaston. Ce chimiste ayant été assez obligeant pour m'en donner une certaine quantité, il y a déjà plusieurs années, il m'a été facile de déterminer avec beaucoup de précision le poids atomistique du rhodium et de ses oxides. Les cristaux rhomboïdaux de ce sel, qui sont d'une couleur rouge très-intense, ne sont pas susceptibles de s'altérer à l'air. Cette substance, qui ne se dissout pas dans l'alcool, est assez soluble dans l'eau. Le

carbonate d'ammoniaque est sans effet sur sa solution; mais l'ammoniaque caustique, ainsi que les alcalis fixes caustiques, précipitent le peroxide de rhodium sous forme de flocons d'une couleur jaune. Un excès des alcalis fixes redissout tout le précipité. Quoique l'ammoniaque n'agisse pas d'une manière aussi prononcée comme dissolvant, elle n'est pas néanmoins sans effet; et en ajoutant un excès d'ammoniaque à la solution, on n'obtient jamais tout l'oxide de rhodium.

1. 100 parties de soda-muriate de rhodium en cristaux furent dissoutes dans l'eau. On précipita le peroxide par l'ammoniaque, en ayant soin de ne pas ajouter cet alcali en excès. L'oxide de rhodium, après avoir été recueilli, lavé et séché, pesait 26,07.

On mit dans une autre solution de 100 parties du même sel, une lame de zinc poli, qui y fut laissée jusqu'à ce que tout le rhodium eût été précipité à l'état métallique. Pour empêcher le rhodium d'adhérer au zinc, ce qui n'aurait point permis d'en déterminer le poids avec précision, on avait eu soin d'aiguiser la liqueur avec un peu d'acide sulfurique. Le poids du rhodium à l'état métallique fut, dans cette opération, 19,1.

Il paraît, d'après cette expérience préliminaire, que 26,07 parties d'oxide jaune de rhodium contiennent 19,1 parties de rhodium à l'état métallique, et conséquemment 6,97 parties d'oxigène. La composition de cet oxide est donc

Rhodium	. . . .	19,1	ou	5,486
Oxigène	. . . .	6,97	ou	2

résultat qui m'a conduit à inférer que le poids ato-

mistique du rhodium est 5,5; et que l'oxide jaune de ce métal est un composé de 1 atome rhodium, de 2 atomes oxigène, et qu'il pèse 7,5.

2. 28,625 parties de soda-muriate en cristaux furent mises dans une petite cornue de verre vert, laquelle fut exposée à une chaleur que l'on éleva graduellement presque jusqu'au rouge, et que l'on maintint pendant très-long-temps à ce degré, pour faire tout-à-fait disparaître les vapeurs aqueuses que le feu faisait dégager du sel. On ne peut faire cette expérience dans un vase de métal sans qu'il ne se dégage un peu d'acide muriatique, et sans qu'une portion du rhodium ne soit réduite à l'état métallique. Mais j'ai eu soin de maintenir le sel pendant plus d'une heure à une chaleur rouge peu intense, dans une cornue de verre vert, et je l'ai trouvé encore parfaitement soluble dans l'eau, ayant sa couleur rouge foncée ordinaire, et par conséquent contenant encore tout son acide. La perte en poids, dans cette expérience, fut de 9 parties : ce qui est l'eau de cristallisation dans 28,625 parties de soda-muriate de rhodium.

3. 28,625 parties de soda-muriate de rhodium furent dissoutes dans l'eau et précipitées par l'ammoniaque, que l'on ajouta avec beaucoup de précaution pour éviter d'en mettre en excès. L'oxide jaune obtenu pesait 7,5. Ce commencement d'analyse me donna beaucoup de peine; et je fus obligé de répéter l'opération environ dix fois, avant de pouvoir réussir à séparer tout l'oxide, et à le rassembler sans en perdre.

4. Le résidu liquide, d'où l'oxide de rhodium

avait été précipité, fut évaporé avec beaucoup de précaution jusqu'à siccité, et le sel restant, pesé. Le poids ne fut pas exactement le même dans ces différens essais; ce qui provient sans doute de ce que je chauffai avec tant de précaution, que toute la portion aqueuse ne fut pas chassée; mais le poids approximatif de ce résidu salin était 14,5. C'était un mélange de sel commun et de sel ammoniac. Ce mélange ayant été suffisamment chauffé pour que le sel ammoniac fût expulsé, le sel commun restant pesait 7,5. Conséquemment la perte en poids fut 7; mais le poids d'une particule intégrante de sel ammoniac est 6,75 : car il est composé de

1 atome acide muriatique . . .	4,625
1 atome ammoniaque	2,125
	6,75

Il est évident que le 0,25 de perte, indépendamment de cette particule intégrante de sel ammoniac, doit avoir été de l'eau. Or, les 4,625 parties d'acide muriatique, dans les 6,75 parties de sel ammoniac volatilisé, doivent avoir existé dans les 28,625 de soda-muriate de rhodium, et avoir été en combinaison avec l'oxide de rhodium.

Il paraît, d'après l'analyse précédente, que le muriate de rhodium est un composé de

Oxide jaune de rhodium . .	7,5
Acide muriatique . . .	4,625
Sel commun	7,5
Eau	9
	28,625

Maintenant ce sel est parfaitement neutre. 9 représentent 8 atomes d'eau; 7,5 est une particule intégrante de chlorure de sodium, et 4,625 une particule intégrante d'acide muriatique : 7,5 doit donc représenter le poids d'une particule intégrante d'oxide jaune de rhodium. En conséquence, nous pouvons regarder le soda-muriate de rhodium, comme étant composé de

1 atome permuriate rhodium . . .	12,125
1 atome muriate soude	8,625
7 atomes eau.	7,875
	28,625

car un des atomes d'eau, séparé par la chaleur, *fut* très-probablement formé, par le changement d'une particule intégrante de muriate de soude, en chlorure de sodium.

5. En comparant l'analyse dont il vient d'être question avec l'expérience qui l'avait précédée, il n'y a pas le moindre doute que le poids de 1 atome de rhodium ne soit 5,5, et l'oxide jaune un composé de 1 atome rhodium et de 2 atomes oxigène.

Berzélius a décrit cet oxide de rhodium comme ayant une *couleur brune;* cependant, quand on l'obtient en le précipitant du soda-muriate de rhodium, il est toujours *jaune*. En l'exposant à la chaleur, il devient peu à peu *brun*, et enfin *noir;* et pendant ce changement de couleur, il ne s'échappe aucune humidité capable de me faire supposer que la poudre jaune est un hydrate, et la poudre brune, l'oxide anhydre. Je ne me suis pas assuré si l'oxide brun est

le même que l'oxide jaune, ou s'il en diffère : il est probable que c'est un mélange des oxides jaune et noir. Le noir est indubitablement le protoxide de rhodium, et un composé de 1 atome rhodium et de 1 atome oxigène; de manière que son poids atomistique est 6,5.

Si l'on découvrait par la suite que la poudre brune est un oxide particulier, il est évident que cet oxide doit être formé de 1 atome rhodium et de 1 ½ atome oxigène, et qu'il doit avoir pour poids atomistique 7. Je ne suis point parvenu à dissoudre cette poudre dans les acides; mais on peut attribuer cette insolubilité au degré de chaleur à laquelle cet oxide fut soumis pendant l'opération.

SECTION IV.

Poids de l'atome de palladium.

Le palladium dont je pouvais disposer était en si petite quantité, que je fus obligé de faire mes expériences sur de très-faibles proportions; ce qui m'a empêché d'obtenir toute l'exactitude que j'aurais pu désirer, pour déterminer rigoureusement le poids atomistique avec certitude. Cependant, comme mes opérations, telles qu'elles ont été faites, confirment les résultats déjà obtenus par Berzélius relativement à ce métal, j'ose me flatter que le nombre que j'en ai déduit ne s'éloigne pas trop de la vérité. Le palladium est si rare aujourd'hui, qu'il n'est pas probable qu'aucun chimiste puisse s'en procurer de sitôt une

assez grande quantité pour décider la question d'une manière affirmative.

1. Le palladium, comme on sait, se dissout dans tous les acides, et plus particulièrement dans l'acide nitro-muriatique. Sa solution est d'un rouge très-foncé; et quand on l'évapore jusqu'à siccité, pour dissoudre de nouveau le sel résidu dans l'eau, le liquide prend une couleur d'un rouge brunâtre. Il a une saveur fortement astringente, et n'a point d'odeur désagréable. Cette solution précipite par la potasse en flocons d'un *rouge foncé*; et en flocons *jaune fauve*, par l'ammoniaque. Le précipité par la potasse se dissout promptement dans l'acide nitrique, tandis que celui obtenu par l'ammoniaque ne se dissout pas dans cet acide, tant que l'action de ce dernier n'est pas aidée par la chaleur. Le liquide prend une couleur *brune verdâtre*, par l'addition de l'acide gallique; mais il n'y a point sur-le-champ de précipité. Le prussiate de potasse précipite des flocons d'un *brun-rougeâtre*, sans que la solution devienne incolore.

Le muriate de palladium a une couleur brune rougeâtre; il ne cristallise point; sa saveur est fortement astringente; et quand on l'expose à l'air, sa surface devient humide, mais il ne se liquéfie pas. Ce sel est promptement dissous dans l'eau.

2. Je fis dissoudre 7 parties de palladium dans de l'acide muriatique (avec un peu d'acide nitrique); puis j'ajoutai à la solution une certaine quantité de carbonate de potasse, que je savais contenir juste 6 parties de potasse. Cette solution ayant été évaporée, je retirai, jusqu'à la dernière goutte, des cristaux

de triple muriate de palladium et de potasse. Cette expérience montre que dans le triple sel, le palladium est à la potasse comme 7 est à 6.

3. Berzélius nous a fait connaître le résultat de deux expériences qu'il a faites avec le palladium. Il oxida 100 parties de ce métal, en les faisant chauffer dans un creuset de platine, dans lequel il avait mis un peu de potasse et de nitre. Le poids de cet oxide était 114,209. Comme le palladium ne forme qu'un oxide, nous pouvons le considérer comme composé de 1 atome métal et de 1 atome oxigène. Or,

14,209 (l'oxigène qui s'unit avec le métal) : 100 (le poids du métal) :: 1 (poids atomistique de l'oxigène) : 17,038 = poids de l'atome du palladium.

Le même chimiste nous apprend encore que lorsque 100 parties de palladium sont converties en sulfure, elles se combinent avec 28,15 parties de soufre. En considérant le sulfure ainsi formé comme un composé de 1 atome métal et 1 atome soufre, nous aurons 7,104 pour poids atomistique du palladium; car

28,15 : 100 :: 2 (atome de soufre) : 7,104 (1).

Ces deux évaluations différentes du poids de l'atome de palladium s'éloignent si peu du nombre 7, que j'ai regardé 7 comme exprimant le véritable poids atomistique de ce métal. C'est ce qui me détermina à prendre de préférence 7 parties de palladium, en ajoutant à la solution muriatique 6 parties de po-

(1) *Essai sur la théorie des proportions chimiques*, pag. 137.

tasse, ces deux quantités équivalant au poids de l'atome de ces deux corps. Le résultat de l'expérience prouve que mon opinion était exacte ou à peu près, et nous autorise à choisir le nombre 7 comme le vrai poids atomistique du palladium. Il eût été à désirer que nous eussions pu faire l'expérience plus en grand, en employant, par exemple, 70 parties de palladium et 60 de potasse. De semblables proportions auraient fait voir d'une manière plus positive s'il y avait excès de l'une ou de l'autre de ces deux substances; mais malheureusement, j'avais trop peu de palladium pour pouvoir faire une semblable expérience.

4. Le triple muriate de palladium et de potasse cristallise en très-petites aiguilles d'une très-belle couleur brune. Selon le Dr Wollaston, ce sont des prismes à quatre faces, d'un vert brillant, quand on les regarde transversalement, et d'une couleur rouge foncée, quand on les examine dans la direction de leur axe. Mes cristaux étaient si petits qu'il m'a été impossible d'observer ces anomalies. La couleur brune était-elle le résultat du mélange des deux couleurs dont parle Wollaston?

Ce sel a une saveur astringente très-prononcée, avec quelque chose de douceâtre; il est insoluble dans l'alcool, mais se dissout assez facilement dans l'eau. La solution a une couleur rouge foncée comme celle du muriate de palladium. Il contient très-peu d'eau; car 10 parties de ce sel, conservées pendant vingt-quatre heures sur le bain de sable et à la température de 280° c. environ, ne perdent que 0,12 de leur poids. Ce sel, quand on le chauffe jusqu'au

rouge, se fond. J'en ai conservé 10 parties en fusion pendant une demi-heure, et la perte en poids fut 0,8. Lorsqu'on l'expose à la chaleur intense d'un fourneau à vent, le palladium est réduit à l'état métallique; mais la température nécessaire pour opérer cette réduction est si élevée, que la plus grande partie du métal se trouve volatilisée. Le poids du palladium obtenu des 10 parties de ce triple sel, fut 3,08.

Or nous avons démontré, dans une expérience précédente, que la potasse, dans ce sel, est au palladium dans le rapport de 6 à 7. Conséquemment, 10 parties de ce sel doivent contenir 2,64 de potasse.

Le palladium se trouve sans doute, dans ce sel, à l'état d'oxide. Si le poids atomistique de ce métal est 7, et celui de son oxide 8, alors (puisque 7 : 8 :: 3,08 : 3,52) 3,52 doit être le poids de l'oxide de palladium dans 10 parties du sel triple.

Ces deux bases dans le sel triple se combinent avec l'acide muriatique; or le poids de cet acide étant 4,625, il est évident que 8 parties d'oxide de palladium seront juste saturées par 4,625 d'acide muriatique, et qu'il faudra 2,035 parties de cet acide pour saturer 3,52 d'oxide; et puisque 6 de potasse exige 4,625 d'acide muriatique, il faudra 2,035 parties d'acide muriatique pour en saturer 2,64 de potasse.

Il paraît, d'après cela, que 2,035 parties d'acide muriatique entrent en combinaison avec l'oxide de palladium, et 1,526 parties, avec la potasse.

Nous pouvons donc, à l'aide de ces évaluations, établir les principes constituans du triple muriate de

palladium de la manière suivante :

Oxide de palladium	3,52	5,555	muriate de palladium.
Acide muriatique .	2,235		
Potasse	2,64	4,166	muriate de potasse.
Acide muriatique .	1,526		
Eau		0,279	
		10,000	

Ces résultats nous donneront en nombres atomistiques, la composition du sel qui nous occupe, ainsi qu'il suit :

1 atome muriate de palladium	=	12,625
1 atome muriate de potasse	=	10,625
3/5 d'atome d'eau	=	0,675
		23,925

Il est probable que si la quantité d'eau avait été portée à 1 atome au lieu de 3/5 d'atome, l'analyse aurait été plus satisfaisante.

Le lecteur observera qu'à l'égard du palladium, je fus obligé de me contenter de mes premières expériences sur les autres métaux, avant d'essayer l'analyse dont on déduit les poids atomistiques. J'ai donc cru inutile de rapporter mes essais préliminaires dans d'autres sections. Mais la quantité de palladium mise à ma disposition, ayant été épuisée dans ces différentes opérations, je me suis absolument vu forcé d'en tirer mes conclusions relativement à ce métal. L'analyse ci-dessus indiquée (si toutefois

on peut lui donner ce nom) a été répétée trois fois, et les résultats obtenus furent presque toujours les mêmes.

5. Je fis trois essais différens pour déterminer, en formant un chlorure de barium, le poids atomistique du palladium. Le mode d'opération que je suivis consistait à faire dissoudré 7 parties de ce métal dans l'acide muriatique, à évaporer la solution jusqu'à siccité, et à exposer le muriate à l'action de la chaleur, dans un creuset de platine couvert. Voici quels ont été mes résultats :

Premier essai	11,910 parties de chlorure.
Second essai	12,133
Troisième essai	12,231
Moyenne	12,091

Ces quantités sont trop fortes, dans le cas où 7 serait le poids de l'atome de palladium; car si l'on vient à soustraire 7 de 12,091, il restera 5,091 : quantité qui excède de quelque chose le poids d'un atome de chlore. Peut-être le sel n'avait-il pas été exposé à un degré de chaleur assez élevé pour que le muriate puisse être complétement décomposé. On ne peut guère compter sur l'exactitude de cette expérience, parce qu'à la température nécessaire pour opérer la décomposition des muriates, une portion du chlorure peut s'échapper.

Nous pouvons néanmoins conclure des expériences précédentes (quelque imparfaites qu'elles soient), que 7 est le poids atomistique du palladium, et que celui

de son oxide, est 8. Ces nombres sont assurément très-près de la vérité.

SECTION V.

Poids de l'atome d'iridium.

Je me servis, pour préparer une certaine quantité de muriate d'iridium, de la matière noire qui reste ordinairement quand l'on a fait dissoudre du platine brut dans l'acide muriatique; et à cet égard je suivis à peu près le même procédé indiqué par Vauquelin dans son mémoire sur l'osmium et l'iridium. Cette matière noire me parut contenir une très-grande quantité de fer et un peu de titane. La proportion d'iridium que j'en retirai fut beaucoup moindre que je ne l'avais cru précédemment.

1. Le muriate d'iridium cristallise en tétraèdres; il a beaucoup d'éclat, et sa couleur est d'un brun tellement foncé, que le sel paraît noir. Sa saveur est fortement amère et astringente; sa solution dans l'eau a une couleur rouge si foncée, que le liquide reste opaque, même après avoir été étendu d'eau; et lorsqu'il a été dilué au point de devenir transparent, sa couleur paraît jaune.

On rend la solution de muriate d'iridium incolore en y ajoutant quelques gouttes des substances suivantes :

Acide gallique, Ammoniaque,
Prussiate de potasse, Potasse,

Protosulfate de fer,
Soude,
Eau de chaux,
Eau de baryte,
Hydrogène sulfuré,
Sulfate de zinc.

Le zinc ou l'étain abandonné pendant vingt-quatre heures dans ce liquide, le rend également incolore.

Les substances suivantes ne lui font éprouver aucun changement, ni dans sa transparence ni dans sa couleur.

Vitriol bleu,
Persulfate de fer,
Muriate de manganèse,
Acide nitrique,
Acides oxalique, tartarique, citrique, acétique;
Acides sulfurique, nitrique, muriatique.

Si l'on verse quelques gouttes de nitrate de mercure dans la solution de muriate d'iridium, on voit des flocons orangés se précipiter abondamment, et le liquide devenir incolore. Le même effet a lieu pour le muriate d'étain, seulement le précipité est légèrement jaune.

Tels sont les effets que produisent les réactifs sur cette singulière substance, qui ne précipite, ni par les alcalis ni par les acides; de sorte qu'au premier aspect on conçoit assez difficilement une méthode convenable d'analyse; cependant, après quelques essais, je suis parvenu à des résultats satisfaisans.

2. Je mis dans une petite cornue de verre vert, chauffée jusqu'au rouge, pendant quelques heures, à l'aide d'un feu de charbon, 100 parties de ces cris-

taux; leur apparence resta la même : ils avaient néanmoins une odeur sensible de chlore, et le sel éprouva une perte en poids qui s'éleva à 2,625. Les cristaux ainsi traités étaient complétement solubles dans l'eau, et par conséquent à l'état de chlorure d'iridium pur et anhydre.

3. 8,25 parties de cette substance, desséchées à une chaleur rouge, furent mises dans un creuset de platine, et exposées à la plus forte chaleur qu'il me fut possible d'obtenir dans un fourneau à vent. Quand le creuset fut refroidi, je trouvai que le chlorure avait été décomposé, et qu'il restait 37,5 parties d'iridium à l'état métallique. La perte en poids qui eut lieu fut donc 45, et il est évident qu'elle fut occasionée par le dégagement du chlore.

On saisira mieux cette expérience, en divisant par dix la quantité de chlore employé. 8,25 parties de chlorure d'iridium, étant décomposées par la chaleur, perdent 4,5 parties de chlorure, et les 3,75 parties restantes sont de l'iridium à l'état métallique. Ainsi nous voyons que le chlorure est composé de

Iridium	3,75
Chlore	4,5
	8,25

Or comme le nombre 4,5 équivaut à un atome de chlore, 3,75 doit représenter le poids atomistique de l'iridium.

Je répétai deux fois cette expérience, en employant chaque fois 8,25 parties de chlorure d'iridium; car il

me fut impossible d'opérer sur une plus grande quantité, ayant presque employé tout le sel que j'avais, dans mes premiers essais. Ces deux expériences ne se ressemblent pas, quant aux résultats, puisque dans la première la quantité d'iridium dépassa 3,75, et que dans la seconde il y en eut moins. La moyenne de ces deux opérations donne pour la quantité d'iridium 3,88; et si nous examinons combien les proportions sur lesquelles on a opéré étaient petites, on verra que ce nombre s'éloigne aussi peu de 3,75 que nous pouvions l'espérer. En effet, en employant des quantités trop petites de matière, nous ne pouvons nous flatter d'arriver à des résultats bien exacts, parce que les erreurs inévitables provenant soit de la manière de peser, soit de l'inexactitude du poids que nous employons, cessent d'être des quantités que l'on puisse négliger, relativement aux proportions peu considérables sur lesquelles on opère. Je pense néanmoins que la première expérience qui fut faite avec grand soin, et avec une assez grande quantité pour espérer de l'exactitude, peut nous donner le véritable poids de l'atome d'iridium.

Il me semble que les cristaux auxquels on donne ordinairement le nom de muriate d'iridium devraient être appelés chlorure d'iridium, car la perte en poids n'étant que 2,625 pour cent, elle ne monte pas tout-à-fait à la cinquième partie d'un atome d'eau ; ce qui explique pourquoi l'iridium n'est pas précipité par les alcalis, comme cela arrive ordinairement avec les oxides métalliques.

Quand la solution de ce sel dans l'eau a été opérée sans le secours de la chaleur, elle a une

belle couleur verte; mais si l'on fait bouillir cette liqueur, on la voit perdre peu à peu sa couleur primitive, et devenir rouge : ce que l'on attribue généralement à l'addition de l'oxigène, à l'oxide d'iridium; d'où l'on a conclu qu'il y avait deux oxides d'iridium : le protoxide qui est *vert*, et le peroxide qui est *rouge*. Il m'a été impossible de déterminer si cette supposition est vraie, parce que, dans tous mes essais, je n'ai jamais pu réussir à obtenir séparément les oxides d'iridium. S'il en existe réellement deux, il est probable que le protoxide d'iridium est composé de 1 atome iridium et de 1 atome oxigène, et que son poids atomistique est 4,75. Quant au peroxide de ce métal, il doit être composé de 1 atome iridium et de 2 atomes oxigène, et 5,75 doit être le poids de son atome.

SECTION VI.

Poids de l'atome d'osmium.

Je ne connais pas bien encore le poids atomistique de l'osmium, et la quantité que j'avais à ma disposition était si petite, qu'il ne m'a pas été possible de donner à mes expériences sur ce sujet quelque étendue.

1. Après avoir mêlé partie égale de limaille de zinc et d'osmium, j'introduisis le mélange dans un tube de verre recourbé en forme de cornue, et je versai dessus une certaine quantité d'acide sulfurique étendu d'eau, afin de m'assurer si le gaz hydrogène dégagé d'eau contenait de l'osmium en solution; ce

qu'il me fut impossible de reconnaître. Le gaz n'avait ni odeur ni saveur : il n'était point absorbé par l'eau, et ne produisait aucun effet sensible sur les dissolutions de plomb. Il brûlait comme le gaz hydrogène commun ; et ainsi que cela arrive ordinairement, il fallait la moitié de son volume d'oxigène pour opérer sa combustion complète.

La solution du zinc obtenu par l'acide sulfurique était noire et opaque, et contenait évidemment une partie de l'osmium en solution. Cependant, quand on cherchait à dessécher cette triple solution, l'intensité de la couleur diminuait graduellement à mesure que l'évaporation s'effectuait, et lorsque le tout fut parfaitement sec, on ne trouva plus aucune trace d'osmium.

On mit digérer l'osmium à l'état métallique dans de la lessive de soude caustique : l'on obtint un liquide coloré en jaune, mais la plus grande partie de l'osmium resta sans être dissoute.

FIN DU PREMIER VOLUME.

TABLE

DES MATIÈRES

CONTENUES DANS LE PREMIER VOLUME.

FIN DE LA TABLE DU TOME PREMIER.

TRAITÉ COMPLET

DE

L'ANATOMIE DE L'HOMME,

COMPARÉE, DANS SES POINTS LES PLUS IMPORTANS,

A CELLE DES ANIMAUX,

ET CONSIDÉRÉE SOUS LE DOUBLE RAPPORT

DE

L'HISTOLOGIE ET DE LA MORPHOLOGIE;

Par Hippolyte Cloquet,

Docteur en Médecine et Professeur agrégé à la Faculté de Paris; Membre titulaire de l'Académie Royale de Médecine; des Sociétés Philomatique, Médicale d'Émulation, d'Instruction Médicale et d'Histoire Naturelle de Paris; du Cercle Médical et de la Société des Méthodes d'enseignement de la même ville; de la Société Médicale d'Amiens, de celle des Sciences et Arts d'Orléans, de celle de Médecine de New-York, de la Société Wettéravienne de Hanau, de la Société Médico-Chirurgicale de Berlin; Médecin du Bureau de Charité du douzième Arrondissement, etc., etc.

BRÉGEAUT, LITHOGRAPHE BREVETÉ, ÉDITEUR.

The proper study of mankind, is man.
POPE.

PROSPECTUS.

Les progrès qu'a faits l'Anatomie dans le cours du siècle qui vient de s'écouler et durant les premières années de celui dans lequel nous vivons, ont rendu indispensable la publication d'un ouvrage élémentaire, où non-seulement les tissus généraux qui entrent dans la composition des organes de l'économie animale, fussent, avec ces organes eux-mêmes, considérés sous le rapport de leur figure, de leurs connexions, de leur structure, l'objet d'un examen simultané; où non-seulement l'on trouvât ce que l'on est convenu d'appeler *Anatomie générale*, mis en opposition avec cette division de la science que l'on nomme *Anatomie descriptive*, mais encore où il fût

permis de puiser sans efforts des connaissances générales sur l'organisation des animaux placés dans un rang inférieur au nôtre; sur cette *Anatomie comparative*, dont le goût se répand de jour en jour, dont l'étude devient de plus en plus indispensable, et pour les naturalistes, curieux de faire concourir au perfectionnement de notre propre histoire celle de tous les corps de l'univers, et pour les médecins, jaloux de se tenir à la hauteur de la science, ardens à saisir tous les moyens offerts par elle pour le soulagement des maux qui assiégent sans relâche notre malheureuse espèce, zélateurs infatigables de tout ce qui peut contribuer à accroître le domaine de la Vérité.

A force de recherches laborieuses de la part d'un savant distingué, secondé par un habile artiste, à force de sacrifices multipliés de notre part, nous pouvons annoncer aujourd'hui au public la prochaine apparition d'un livre spécialement composé dans l'intention de combler l'espèce de vide qui existe, sous ce rapport, dans notre littérature médicale, et qui nous semble devoir atteindre le but avec un avantage marqué, en exposant d'une manière comparative les secrets de notre propre organisation et les particularités qui, dans celle des animaux, peuvent servir à éclairer l'étude, à approfondir la connaissance de l'homme.

Nous espérons aussi que, par la publication de ce même livre, le monde savant ne sentira plus le besoin d'un ouvrage propre à présenter, en harmonie avec les progrès récens de la science, le tableau de l'*histologie* réuni à celui de la *morphologie*.

M. Hippolyte Cloquet, qu'une foule de connaissances étendues en Zoologie, en Anatomie, en Physiologie, ont mis à même de professer pendant plusieurs années et avec succès, chacune de ces branches de l'histoire naturelle générale, dont plusieurs productions scientifiques ont déjà été assez favorablement accueillies pour mériter les honneurs de la réimpression, dont le *Traité d'Anatomie descriptive* a été traduit en italien, et l'*Osphrésiologie* en allemand, s'est chargé d'un travail si utile, et qui doit contribuer, nous osons l'assurer, à l'avancement de la science de l'homme.

Mais, comme l'étude de l'anatomie, si belle, si attrayante,

même pour celui qui se livre exclusivement à l'art de guérir, et qui en a fait déjà le fondement de ses connaissances, offre des difficultés insurmontables en apparence à celui qui la fait sur la nature sans un guide condamné à ne l'abandonner jamais durant un tems plus ou moins long, et présente trop de dégoûts à celui qui, dans la seule vue de satisfaire son esprit, prétend découvrir les ressorts merveilleux de l'organisation animée, notre estimable auteur ne s'est pas contenté de décrire de la manière la plus exacte, la plus complète et la plus concise, les tissus élémentaires qui entrent dans la composition des organes, d'indiquer la figure, les rapports, la structure, les variétés sans nombre de ces organes eux-mêmes; il a, dans son vaste plan, appelé à son aide un moyen qui se présente naturellement, de rendre aussi agréable que facile l'étude de la science la plus aride en apparence. Il a emprunté le secours de la peinture, afin de parler aux yeux, en même tems qu'à l'esprit, et, sous ce rapport, personne, mieux que M. HAINCELIN, artiste qui, plus d'une fois, a mérité, dans ce genre, les suffrages des gens instruits, ne pouvait éclaircir les descriptions par des figures exactes, toujours faites d'après nature sous les yeux de M. H. CLOQUET, et où se trouvent exposées les découvertes les plus récemment faites non-seulement en France, mais encore en Allemagne, en Angleterre, en Italie, et même dans le Nouveau-Monde. Aussi, pouvons-nous affirmer que si le texte de l'ouvrage nous a paru digne des plus grands éloges, les planches qui l'accompagnent seront, sous le rapport de l'utilité et de l'exactitude, supérieures à toutes celles qui ont été publiées jusqu'à présent.

En mettant au jour ce nouveau *Traité complet d'Anatomie*, divisé en cinq parties principales, la *Squelettologie*, la *Myologie*, la *Névrologie*, l'*Angiologie* et la *Splanchnologie*, subdivisées elles-mêmes d'après l'ordre physiologique universellement adopté dans les Écoles de France et dans les Universités étrangères les plus célèbres, nous croyons donc être utiles et aux élèves et aux praticiens. Les premiers seront initiés par lui à la plus difficile des connaissances qu'ils ont à acquérir; les seconds, détournés de l'étude par des occupations multipliées, posséderont dans quelques volumes ce qui

serait pour eux le sujet de laborieuses recherches, et pourront, sans cesse et en quelques momens, éclaircir leurs doutes sur la disposition et la structure de telle ou telle de nos parties. Quoique loin de la Capitale et des riches collections des grandes villes, les médecins pourront encore se rappeler au besoin des objets que leur mémoire ne leur retrace qu'imparfaitement, en consultant ce livre, qui nous paraît de nature à devenir nécessaire à toutes les personnes qui exercent l'art de guérir ou qui cultivent les sciences naturelles, et qui se recommande particulièrement aux hommes de goût par la beauté de son exécution. La Postérité en fera, sans doute, honneur à la génération présente.

L'Ouvrage de M. le Docteur H. CLOQUET, qui paraîtra dans l'ordre suivant lequel ses diverses parties ont été énumérées plus haut, sera composé d'environ 400 planches in-4°, et de 100 ou 120 feuilles de texte, même format, en rapport avec les figures, à l'aide de lettres ou de chiffres tellement disposés, que leur multiplicité ne nuise en aucune façon à la netteté de ces dernières, toutes *ombrées* d'ailleurs, autant que besoin, d'une exactitude de détails dont on ne possède encore que trop peu d'exemples malheureusement, et exécutées sur une échelle qui n'a forcé d'en négliger aucun.

Il sera tiré sur papier cavalier, pour le texte, et grand-raisin vélin, pour les planches lithographiées. Les caractères seront en cicéro neuf.

Il paraîtra le premier de chaque mois par livraison de dix planches et de deux à trois feuilles de texte.

La première livraison sera mise en vente le 1er novembre 1825, et les autres la suivront immédiatement de mois en mois.

Le prix est de 6 fr. par livraison.

On souscrit à Paris,

À l'Imprimerie Lithographique de BRÉGEAUT, rue Saint-Marc-Feydeau, N° 8, où les lettres et demandes devront être adressées franc de port;

Chez DONDEY-DUPRÉ PÈRE ET FILS, Imp.-Lib., rue Saint-Louis, N° 46, au Marais, et rue Richelieu, N° 67, vis-à-vis la Bibliothèque du Roi;

BAILLIÈRE, Libraire, rue de l'École de Médecine, N° 14;

Dans les Départemens et à l'Étranger, chez les principaux Libraires.

IMPRIMERIE DE DONDEY-DUPRÉ.

Août 1825.

LIBRAIRIE DE J.-B. BAILLIÈRE,
RUE DE L'ÉCOLE DE MÉDECINE, N. 14, A PARIS.

SUR LES FONCTIONS
DU CERVEAU
ET
SUR CELLES DE CHACUNE DE SES PARTIES,

AVEC DES OBSERVATIONS
SUR LA POSSIBILITÉ DE RECONNAÎTRE LES INSTINCTS,
LES PENCHANS, LES TALENS,
OU LES DISPOSITIONS MORALES ET INTELLECTUELLES DES HOMMES
ET DES ANIMAUX,
PAR LA CONFIGURATION DE LEUR CERVEAU
ET DE LEUR TÊTE;

PAR LE DOCTEUR F. J. GALL,

Ouvrage terminé, 6 forts volumes in-8°. Prix, brochés, 42 fr.

PROSPECTUS.

Il est facile de bâtir des systèmes dont tous les fondemens se trouvent dans la tête de l'inventeur; mais il est difficile d'établir une doctrine qui a pour base une immense quantité de faits tirés de l'observation comparative des divers animaux, des hommes entre eux, dans leurs divers âges, leurs divers états de santé et de maladies. C'est là le caractère distinctif de l'ouvrage de M. Gall. Comme tout y est

observation, et rien raisonnement, il n'est pas possible d'en rendre un compte détaillé dans un simple prospectus. Même une table des matières ne suffirait pas pour faire entrevoir au lecteur la nouveauté, l'importance et la portée des objets qui y sont développés avec une profondeur et une force admirables.

C'est à M. Gall qu'est due la nouvelle direction donnée à l'étude du système nerveux en général et du cerveau en particulier. La vérité de ses découvertes anatomiques, exposées d'abord dans des planches magnifiques de son grand ouvrage, a été mise au plus grand jour par la lutte qui s'était établie parmi ses adversaires; de manière qu'aujourd'hui personne ne lui conteste plus le mérite de ses découvertes anatomiques.

Il n'en est pas encore aussi généralement ainsi de ses découvertes sur les fonctions du cerveau et de ses diverses parties. Les uns les jugent superficiellement, ou d'après des ouï-dire, ou d'après leurs croyances routinières; les autres, frappés par la hardiesse et la singularité de ses propositions, n'y ont voulu voir que du charlatanisme et un dangereux esprit d'innovation. Cependant il est certain que ses découvertes des penchans et des talens des hommes et des animaux, et l'exposition des organes de ces penchans et de ces talens doivent avoir des résultats beaucoup plus importans que les découvertes anatomiques. Le *premier volume* est voué à la partie morale de sa doctrine. M. Gall, après avoir familiarisé ses lecteurs avec la marche de ses recherches, les instruit de quelles qualités et de quelles facultés il sera question; il passe en revue les systèmes de philosophie de Platon, de Bacon, de Hobbes, de Locke, de Descartes, de Condillac, de Laromiguière, de Tracy, etc., etc. Il prouve par des raisons palpables que leurs facultés de l'âme ne sont que des abstractions qui ne font connaître aucun instinct ni aucune faculté déterminés. En effet, comment

l'entendement, la raison, la volonté, la mémoire, le jugement, l'imagination, la liberté, la comparaison, l'attention, etc., expliqueraient-ils l'instinct de la propagation, l'instinct de l'amour de la progéniture, celui de l'attachement, du mariage, de la propre défense, de l'instinct carnassier, etc.? comment expliqueraient-ils les talens de la musique, de la peinture, du calcul, de la poésie? et comment expliqueraient-ils le sentiment de l'amour, de l'approbation, celui de la fierté, celui du sens moral ou du juste et de l'injuste, le sentiment religieux, etc., etc., etc.? L'exposition détaillée des véritables forces fondamentales de l'âme, de tous les penchans, sentimens et talens déterminés, exposition appuyée partout sur l'anatomie et la psychologie comparées de l'homme et des animaux, fait disparaître le vague qui existait jusqu'à présent dans la connaissance de l'homme, et fixe, de fragmen en fragmen, nos idées sur la nature et le perfectionnement graduel des êtres vivans, depuis le polype jusqu'à l'homme.

M. Gall pose comme premier principe que les aptitudes industrielles, les penchans, les sentimens, les talens, sont innés. Il expose et réfute les opinions contraires à l'origine de nos facultés, sans nier la grande influence que l'éducation et d'autres circonstances exercent sur la modération, l'énergie et la direction de nos penchans et de nos talens.

M. Gall établit en second principe que la manifestation des penchans et des talens dépend des conditions matérielles. Cette proposition, prouvée par des faits incontestables, amène naturellement des discussions très lumineuses sur le fatalisme, le matérialisme, et sur la liberté morale, et une application très féconde à l'homme, comme objet d'éducation, de correction et de punition. Ici M. Gall fait les observations les plus judicieuses sur la nature des délits et des crimes commis dans les diverses altérations des penchans et des facultés intellectuelles.

Dans le *second volume*, M. Gall prouve, par une multitude de faits irrécusables, que le cerveau seul, à l'exclusion de toutes les autres parties du corps, est la condition matérielle, l'organe des facultés morales et intellectuelles.

Après avoir réfuté les objections, M. Gall examine les hydrocéphales, les diverses lésions du cerveau, les cerveaux prétendus ossifiés, les moyens de trouver la mesure de l'intelligence, et l'influence d'une grande et d'une petite tête sur les qualités morales et les facultés intellectuelles.

Dans la seconde section de ce volume, M. Gall prouve qu'il y a autant d'organes dans le cerveau qu'il existe de penchans, de talens essentiellement différens. Il doit cette importante découverte, non pas au raisonnement, mais entièrement à l'observation des faits, qui se présentent en multitude dans l'homme sain et dans l'homme malade, et finalement à l'anatomie et à la physiologie comparées de l'homme et des animaux, étude incomparablement plus utile et plus attrayante que tout ce qu'on a fait jusqu'ici dans l'étude de la physiologie. Ce volume est terminé par une explication très piquante de la veille, du sommeil, des rêves, et du somnambulisme.

Dans le *troisième volume*, M. Gall s'attache à déterminer l'influence du cerveau sur la forme du crâne dans toutes les conditions des âges, des sexes et d'états de maladie. Le tout dans l'intention de faire apprécier le mérite ou l'insuffisance de l'art, de connaître la présence ou l'absence, la faiblesse ou l'énergie des qualités morales et des facultés intellectuelles, ou des instincts, des penchans et des talens déterminés. Le reste de ce volume, et le *quatrième* et le *cinquième* traitent de vingt-sept jusqu'à trente qualités et facultés fondamentales, reconnues par lui comme telles jusqu'à présent. Sachant très bien que cette partie de sa doctrine rencontrerait le plus de difficultés et d'opposition, il l'a traitée avec un soin particulier. Il prouve d'abord, à

l'exposition de chaque penchant et de chaque talent, que le penchant et le talent doivent être considérés comme une qualité ou une faculté fondamentale, essentiellement différente des autres qualités ou facultés. Pour mettre le lecteur lui-même sur la voie de la découverte du siége de l'organe du penchant ou du talent en question, M. Gall ne manque jamais de nous donner l'historique de sa découverte, ce qui imprime un caractère irrésistible de vérité à ce qu'il avance. A chaque page il passe en revue les diverses espèces d'animaux, leur anatomie et leur physiologie comparées, l'homme dans ses divers sexes, ses divers âges et divers états de santé et de maladie, en renvoyant toujours aux gravures de son grand ouvrage. Il nous promène dans le sein de nos familles, dans les écoles, dans les maisons de correction, dans les prisons, dans les hospices des aliénés, dans les académies, parmi tous les genres d'hommes marquans, etc. A calculer le temps que M. Gall a eu la patience et le bonheur de pouvoir employer à ses recherches, il n'est plus étonnant qu'il ait pu accumuler une immense quantité de faits à l'appui de chaque découverte. Mais la même remarque fait sentir combien il faut de circonspection et de réserve de la part de ceux qui s'arrogent le droit de juger la valeur de cette doctrine. Cependant, pour peu qu'on veuille renoncer à ses préventions, les épreuves ne sont pas à beaucoup près si difficiles à faire que cela paraît au premier abord. Dans toutes les observations il n'y a rien d'extraordinaire : tout se passe journellement sous nos yeux; chaque animal, chaque oiseau, chaque chien, chaque cheval, chaque enfant, chaque condisciple, chaque femme, chaque homme, comparés les uns aux autres, sont les sujets de votre observation. De là déjà le grand nombre de partisans de cette doctrine dans tous les pays, et de là les confirmations multipliées dans les recherches d'anatomie pathologique (1).

(1) Voyez, entre autres, *Archives générales de médecine*. Avril 1825.

Dans le *sixième volume*, M. Gall a jugé nécessaire de répondre aux objections anatomico-physiologiques qui lui ont été faites par MM. Jourdan, Tiedemann, Rudolphi, Flourens, Serres; et il détruit d'une manière victorieuse les espérances des expérimentateurs par mutilation.

Ce volume est terminé par l'exposition succincte de la nouvelle philosophie de l'homme; cette philosophie, quoiqu'elle contraste avec toutes les philosophies adoptées jusqu'à présent, est un résultat immédiat et irrésistible de tous les faits précédens.

Nous ne donnons que des idées très imparfaites des travaux physiologiques de M. Gall. A chaque traité se rattachent des considérations aussi importantes que nouvelles sur une foule d'objets, par exemple, sur le suicide, sur l'infanticide, sur une loi générale des évacuations périodiques, non seulement chez la femme, mais aussi chez l'homme et chez diverses espèces d'animaux, sur la manière de juger les têtes des diverses nations, sur la physiognomonique et la pathognomonique, sur la loi de la mimique. Partout des faits intéressans, des aperçus ingénieux, des questions de la plus haute philosophie sur les motifs de nos actions, sur l'origine des arts et des sciences, sur la perfectibilité de l'espèce humaine, sur l'étendue du monde de chaque être vivant, etc. En vain chercherait-on dans un autre ouvrage l'histoire naturelle des aptitudes industrielles, des instincts, des penchans, des passions, des qualités morales et des facultés intellectuelles de l'homme et des animaux. L'on a appris beaucoup lorsqu'on a lu M. Gall; on le relit, on le consulte toujours avec fruit, lorsqu'on médite le sujet qu'il traite : c'est un ouvrage vraiment classique et unique dans son genre; il y règne un ordre éminemment philosophique dans la distribution des matières. Comme M. Gall voulait le rendre aussi utile aux philosophes, aux moralistes, aux jurisconsultes, aux peintres, aux

sculpteurs, etc., qu'à ses confrères les médecins, il a dépouillé son ouvrage des termes techniques; son style est partout clair, facile, et il a parfaitement réussi à mettre les sujets même les plus importans à la portée de toutes les classes de lecteurs.

Les personnes qui n'ont pas encore retiré les derniers volumes sont priées de les faire prendre dans le plus court délai possible au prix de 7 francs chaque.

MANUEL D'ANATOMIE GÉNÉRALE, DESCRIPTIVE ET PATHOLOGIQUE, par F. MECKEL, professeur d'anatomie à l'université de Halle, traduit de l'allemand, et augmenté des faits nouveaux dont la science s'est enrichie jusqu'à ce jour, par G. BRESCHET, professeur agrégé en exercice, et chef des travaux anatomiques de la faculté de médecine de Paris, chirurgien ordinaire de l'Hôtel-Dieu, membre de l'académie royale de médecine, etc., etc., etc.; et A. J. L. JOURDAN, D. M. P., membre des académies royales de médecine de Paris, des sciences de Turin, chevalier de la Légion d'honneur, etc. *Paris*, 1825, 3 vol. in-8° de 800 pages chacun, en caractère *petit-romain*. Prix, 25 fr.

ANATOMIE PATHOLOGIQUE, DERNIER COURS DE XAVIER BICHAT, d'après un manuscrit autographe de P. A. BÉCLARD, avec une notice sur la vie, les travaux et la doctrine de BICHAT; par F. G. BOISSEAU, D. M. P., membre des académies royales de médecine de Paris et de Madrid, de la société médicale d'émulation, etc., etc. *Paris*, 1825, in-8°. Prix, 5 fr.

EXPOSÉ DES DIVERS PROCÉDÉS EMPLOYÉS JUSQU'A CE JOUR POUR GUÉRIR DE LA PIERRE SANS AVOIR RECOURS A L'OPÉRATION DE LA TAILLE; par James LEROY D'ÉTIOLES, docteur en chirurgie de la faculté de Paris. *Paris*, 1825, in-8°, avec cinq planches. Prix, 4 fr.

LA SOLITUDE; par J. G. ZIMMERMANN, nouvelle traduction de l'allemand, par A. J. L. JOURDAN. Paris, 1825, un fort in-8°. Prix, broché, 7 fr.
Le même, papier vélin, cartonné, 14 fr.

Personne n'a mieux écrit sur les avantages et les inconvéniens de la solitude que le célèbre Zimmermann; tout son livre est empreint des pensées les plus généreuses; un livre aussi fortement pensé ne peut manquer d'être recherché avec avidité et d'autant qu'il est écrit avec ce charme particulier qui caractérise les productions de tous les penseurs mélancoliques.

CES OUVRAGES SE TROUVENT

CHEZ LES LIBRAIRES CORRESPONDANS:

Arras, *Chez*	Topino.
Besançon,	Deis.
Bordeaux,	Lawalle et Neveu.
Brest,	Lefournier-Desperriers, Egasse.
Bruxelles,	Demat, Lecharlier.
Gand,	Vande Kerchkove.
Genève,	Barbezat et Delarue, Paschoud.
Leipsig,	Bossanges frères, Léopold Voss.
Liége,	Collardin, Desœr.
Lisbonne,	Roland et Simiond.
Londres,	Treuttell et Wurtz.
Lyon,	Maire, Millon cadet.
Mons,	Leroux.
Marseille,	Chaix, Mossy.
Milan,	Joseph Bocca.
Montpellier,	Gabon et Cie., Sevalle.
Nantes,	Mellinet-Malassis.
New-York,	Behr et Kahl.
Palerme,	Ferrari.
Philadelphie,	Carey et Lea.
Rouen,	Vallée.
Strasbourg,	Fevrier, Levrault, Treuttell et Wurtz.
Toulouse,	Senac.
Turin,	Bocca, Pic.

ANATOMIE ET PHYSIOLOGIE DU SYSTÈME NERVEUX EN GÉNÉRAL ET DE CELUI DU CERVEAU EN PARTICULIER, par MM. Gall et Spurzheim; 4 vol. grand in-4° et atlas de 100 planches grand in-fol., magnifiquement gravées. Prix, 480 fr.

Il reste encore quelques exemplaires de cet ouvrage chez M. Gall, rue Saint-Florentin, n° 14.

De l'Imprimerie de LACHEVARDIERE fils, rue du Colombier, n. 30.

